COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA
ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

CONCEPCIÓN, DIMENSIONAMIENTO Y COMIENZO DE INTEGRACIÓN DEL CABLEADO DE BAJA TENSIÓN PARA UN COCHE ELÉCTRICO DE COMPETICIÓN PARA PARTICIPAR EN EL FORMULA STUDENT

Autor
Javier Díez Álvarez

Director
Patrick Serrafero

Madrid
Mayo 2024

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título Concepción, dimensionamiento y comienzo de integración del cableado de baja tensión para un coche eléctrico de competición para participar en el Formula Student

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 203-2024 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada

de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Javier Díez Álvarez Fecha: 06/07/24

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Patrick Serrafero Fecha: 10/ 07/ 2024

Patrick SERRAFERO
Associate Professor
Ecole Centrale de Lyon
+33 677 710 997

COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA
ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

CONCEPCIÓN, DIMENSIONAMIENTO Y COMIENZO DE INTEGRACIÓN DEL CABLEADO DE BAJA TENSIÓN PARA UN COCHE ELÉCTRICO DE COMPETICIÓN PARA PARTICIPAR EN EL FORMULA STUDENT

Autor
Javier Díez Álvarez

Director
Patrick Serrafero

Madrid
Mayo 2024

CONCEPCIÓN, DIMENSIONAMIENTO Y COMIENZO DE INTEGRACIÓN DEL CABLEADO DE BAJA TENSIÓN PARA UN COCHE ELÉCTRICO DE COMPETICIÓN PARA PARTICIPAR EN EL FORMULA STUDENT

Autor: Javier Díez
Director: Patrick Serrafero
Entidad colaboradora: EPSA y École Centrale de Lyon

RESUMEN DEL PROYECTO

Este proyecto se basa en el desarrollo del sistema de cableado para transportar señales eléctricas e interconectar los diferentes subsistemas de baja tensión de un prototipo de coche eléctrico de competición.

Palabras clave: Formula Student, ECL, EPSA, BASTIE, cableado, batería, concepción, integración, .

1. Introducción

Este proyecto se inscribe en el programa FS@ECL, y se desarrolló realizado en colaboración con la escudería Ecurie Piston Sport Auto (EPSA). Este programa, impulsado por la École Centrale de Lyon, tiene como objetivo desarrollar un prototipo de coche de competición para participar en la competición del Formula Student. Esta competición reúne diferentes escuelas de ingeniería de todo el mundo, presentando cada una de ellas su propio prototipo. El prototipo es diseñado y desarrollado en su totalidad por estudiantes de ingeniería, organizados por departamentos y beneficiando de apoyo financiero y humano de la escuela. El objetivo de la temporada 2024 era obtener un vehículo eléctrico capaz de rodar, nombrado Artemiz y poder participar en al menos una competición del Formula Student.

Para ello, la escudería EPSA está dividida en 5 departamentos, cada uno asociado a un conjunto de sistemas del coche. Este proyecto pertenece al departamento de Baja tensión e inteligencia embarcada (BASTIE). Este departamento se encarga del cableado de baja tensión del coche, de la batería de baja tensión, del ordenador de abordo, el panel del control y tarjetas electrónicas. Este proyecto es una porción del trabajo en dicho departamento y se centra principalmente en el cableado y la batería. La temporada de FS@ECL24 y por ende este proyecto se realizó desde octubre 2023 a abril 2024, con la posterior redacción de esta memoria.

2. Definición del proyecto

El objetivo principal de este proyecto es obtener una integración bastante avanzada del cableado de baja tensión del prototipo del coche eléctrico que participará en compe-

ticiones del Formula Student (FS). Esta integración pasa por el buen dimensionamiento de dicho cableado para que los diferentes subsistemas de baja tensión (tarjetas, sensores, pulsadores...) sean alimentados por una batería adecuada. Según el reglamento del FS (Anejos, section A.1 T11.1.1), la baja tensión concierne a todo elemento eléctrico del coche que no forma parte del "Tractive System", es decir de todo el sistema de tracción del coche.

3. Metodología

Para llevar a cabo este proyecto, la primera etapa ha sido realizar una valoración del estado de los diferentes subsistemas que conciernen al departamento del vehículo de la temporada anterior 2022-2023, es decir el prototipo de vehículo Valkyriz. Esta etapa consistió en una identificación y verificación de los elementos que no iban a tener que ser rediseñados, una identificación de cuales se podían potencialmente reconducir a Artemiz y cuales había que rediseñar.

Un elemento que apareció como candidato a ser reutilizado fue la batería. Por ello, en segunda instancia se delimitó las funcionalidades que debía cumplir para poder tomar una decisión sobre su reconducción.

Sin embargo, esta decisión no se podía tomar hasta no tener una estimación de los consumos de los diferentes elementos electrónicos del vehículo, por lo que se requería identificar todas las señales baja tensión del vehículo y agruparlas por subsistema para medir o estimar los consumos.

Finalmente, el último trabajo de concepción consistió en la creación del esquema global del cableado del coche, identificando numéricamente cada señal, dimensionando la sección de cable y asignando la longitud de estos en función de las extremidades que conectan.

Para la integración, en lo que concierne a la batería, se realizó un cambio de su soporte. Esto se siguió por la creación de un protocolo para poder integrar correctamente todas las señales en Artemiz. Al quedar la integración definitiva condicionada por la tardía recepción de la estructura tubular y chasis del coche, se realizó una primera etapa de integración en una maqueta de madera recreando las distancias del coche. Esta integración se realizó ya con los cables que estarán definitivamente en Artemiz.

4. Resultados

Los resultados de este proyecto se pueden diferenciar por el trabajo de la batería y del cableado. Se tomó la decisión de reutilizar la batería de litio TYVA Moduloo A5+ presente en Valkyriz por ser compatible con el reglamento del Formula Student y responder a las necesidades de consumo del conjunto de baja tensión de Artemiz. En cuanto al cableado, uno de los resultados es un documento de referencia completo que agrupa

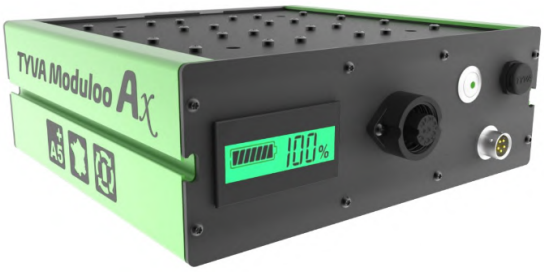


Figura 1: Batería TYVA Moduloo A5+

las 201 señales, identificadas numéricamente. Como ya se ha citado, para cada señal, se detallan sus extremidades, y su sección, longitud y color de cable. Este documento sirve como base en el caso de una posible reparación de uno de los cables y permite tener una vista de conjunto de la interconexión de los diferentes subsistemas. La Figure 4 muestra esta integración.

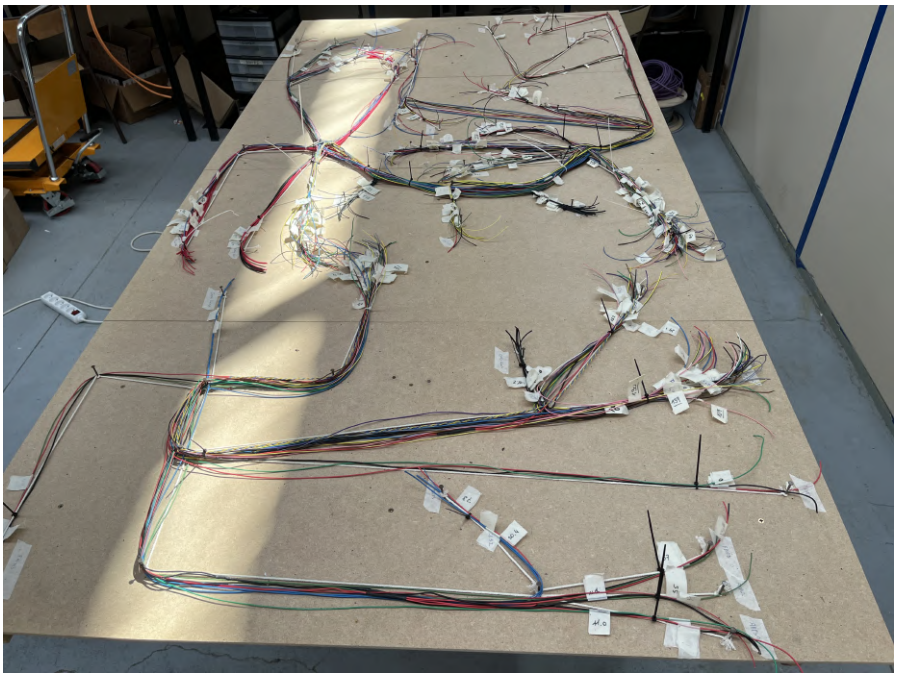


Figura 2: Resultado del estado de integraciónd del cableado de Artemiz

5. Conclusión

Este proyecto ha contribuido al desarrollo del vehículo Artemiz. La parte del de-

partamento BASTIE que concierne este proyecto cumplió sus objetivos puesto que el conjunto de señales están identificadas, bien alimentadas y existe un comienzo de integración. Además, estos objetivos se cumplieron en los tiempos establecidos, a excepción de la integración del cableado que se retrasó debido al retraso en la entrega de la estructura tubular del coche, factor que sobrepasa los límites y control del proyecto. De esta forma la valoración general del proyecto es positiva.

Para la continuación de este proyecto, los pasos restantes para la integración completa y obtención de el vehículo Artemiz, son la integración del haz de cables instalados en la maqueta en la estructura tubular cuando esta esté disponible, conectar los cables a los diferentes subsistemas y colocar la batería en su debido soporte.

En cuanto a puntos de posible mejora en próximos vehículos y temporadas, se destaca el ahondamiento en la comunicación CAN para utilizarla como forma de transportar las señales. Este tipo de comunicación es menos sensible a interferencias electromagnéticas y a la longitud de transporte del cable. También habría imperativamente que buscar una alternativa a los conectores de la marca Souriau utilizados en la futura integración para las tarjetas electrónicas, ya que estos ya no están disponibles y por tanto es necesario unos sustitutos con una resistencia mecánica y precio similares.

DESIGN, SIZING, AND BEGINNING OF INTEGRATION OF LOW-VOLTAGE WIRING FOR A COMPETITION ELECTRIC CAR TO PARTICIPATE IN FORMULA STUDENT

Author: Javier Díez
Director: Patrick Serrafero
Collaborating Entity: EPSA and École Centrale de Lyon

ABSTRACT

This project is based on the development of the wiring system to transport electrical signals and interconnect the various low-voltage subsystems of a prototype electric competition car.

Keywords: Formula Student, ECL, EPSA, BASTIE, wiring, battery, design, integration.

1. Introduction

This project is part of the FS@ECL program and was carried out in collaboration with the Ecurie Piston Sport Auto (EPSA) racing team. This program, driven by the École Centrale de Lyon, aims to develop a prototype racing car to participate in the Formula Student competition. This competition brings together different engineering schools from around the world, each presenting its own prototype. The prototype is entirely designed and developed by engineering students, organized by departments and benefiting from financial and human support from the school. The goal for the 2024 season was to produce an electric vehicle capable of running, named Artemiz, and to participate in at least one Formula Student competition.

To achieve this, the EPSA racing team is divided into five departments, each associated with a set of car systems. This project belongs to the Low Voltage and Embedded Intelligence (BASTIE) department. This department is responsible for the car's low-voltage wiring, the low-voltage battery, the onboard computer, the control panel, and electronic boards. This project is a portion of the work within this department, focusing primarily on the wiring and battery. The FS@ECL24 season, and thus this project, was conducted from October 2023 to April 2024, followed by the drafting of this report.

2. Project Definition

The main objective of this project is to achieve a sufficiently advanced integration of the low-voltage wiring of the electric car prototype that will participate in Formula Student (FS) competitions. This integration requires that the wiring is correctly sized so that the various low-voltage subsystems (boards, sensors, buttons, etc.) are powered by an adequate low-voltage battery. According to the FS regulations (Annexes, section A.1

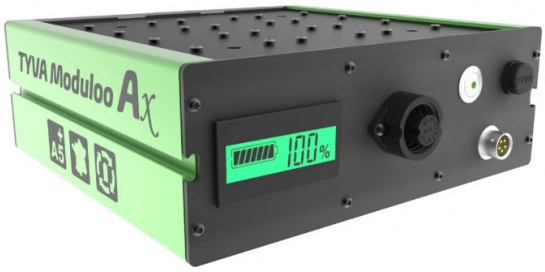


Figura 3: TYVA Moduloo A5+ Battery

T11.1.1), low voltage pertains to all electrical components of the car that are not part of the ”Tractive System,”meaning everything outside the car’s traction system.

3. Methodology

To carry out this project, the first step was to assess the state of the various subsystems related to the vehicle department from the previous 2022-2023 season, specifically the Valkyriz vehicle prototype. This step involved identifying and verifying the elements that would not need redesigning, identifying those that could potentially be adapted to Artemiz, and determining which ones needed redesigning.

One element identified as a candidate for reuse was the battery. Therefore, the second step was to delineate the functionalities it needed to fulfill to make a decision about its reuse.

However, this decision could not be made until an estimation of the power consumption of the various electronic components of the vehicle was available. This required identifying all the low-voltage signals of the vehicle and grouping them by subsystem to measure or estimate their consumption.

Finally, the last design task involved creating the global wiring diagram of the car, numerically identifying each signal, sizing the cable sections, and assigning the cable lengths based on the connected endpoints.

For the integration, concerning the battery, its mount was changed. This was followed by creating a protocol to correctly integrate all signals into Artemiz. Since the final integration was conditioned by the delayed reception of the car’s tubular structure and chassis, an initial integration stage was carried out on a wooden model recreating the car’s distances. This integration was done using the cables that would be definitively used in Artemiz.

4. Results

The results of this project can be differentiated by the work on the battery and the wiring. It was decided to reuse the TYVA Moduloo A5+ lithium battery from Valkyriz as it is compatible with the Formula Student regulations and meets the consumption needs of the Artemiz low-voltage system.

Regarding the wiring, one of the outcomes is a complete reference document that groups the 201 signals, numerically identified. As mentioned, for each signal, its endpoints, and cable section, length, and color are detailed. This document serves as a base in case of a potential cable repair and provides an overview of the interconnection of the different subsystems. Figure Figure 4 shows this integration.

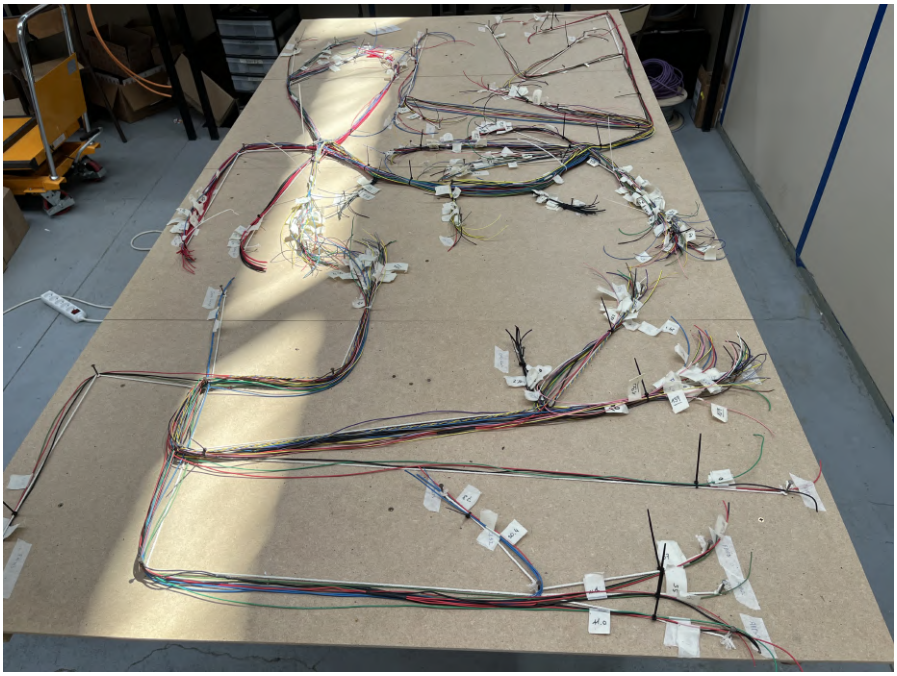


Figura 4: State of Integration of Artemiz Wiring

5. Conclusion

This project has contributed to the development of the Artemiz vehicle. The part of the BASTIE department concerning this project met its objectives since all signals are identified, properly powered, and there is a beginning of integration. Additionally, these objectives were met within the established timelines, except for the wiring integration, which was delayed due to the late delivery of the car's tubular structure, a factor beyond the project's control. Thus, the overall assessment of the project is positive.

For the continuation of this project, the remaining steps for complete integration and the realization of the Artemiz vehicle are the integration of the wiring installed in the model into the tubular structure when it becomes available, connecting the cables to the different subsystems, and placing the battery in its designated mount.

Regarding potential improvements for future vehicles and seasons, a deeper exploration into CAN communication is highlighted to use it as a means of signal transport. This type of communication is less sensitive to electromagnetic interference and cable transport length. Additionally, it is imperative to find an alternative to the Souriau brand

connectors used in the future integration for the electronic boards, as these are no longer available, necessitating substitutes with similar mechanical resistance and price.

Bibliografía

[1] Institution of Mechanical Engineers. *Formula Student*. https://www.imeche.org/events/formula-student. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

[5] EPSA Team. *EPSA Team*. https://www.epsa-team.com/index.php/fr/. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

[9] Ampère Lab. *Ampère Lab*. http://www.ampere-lab.fr/?lang=fr. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

[11] CATIA. *CATIA: Productos y Servicios*. https://www.3ds.com/es/productos-y-servicios/catia/. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

Índice general

I Documento 1. Memoria **1**

1. Introducción **3**
1.1. Estructura del proyecto 4
1.2. Motivación personal 4

2. El Formula Student **5**
2.1. Aspectos generales 5
2.2. Inscripciones a una competición Formula Student 6
2.3. Desarrollo de la competición 6
2.3.1. Pruebas estáticas y dinámicas 6

3. EPSA - Écurie Piston Sport Auto **13**
3.1. Introducción y contexto 13
3.2. Presentación del equipo del porgrama FS@ECL 16
3.3. Departamento BASTIE 19
3.4. Objetivos del programa FS@ECL para la temporada 2023-24 21
3.5. Financiación del programa 22
3.6. Metodología del programa 23
3.7. Herramientas del programa 26
3.8. Dificultades del programa 2023-2024 27

4. Punto de partida del proyecto **29**
4.1. El vehículo Valkyriz 29
4.2. Objetivos del proyecto 30

5. Metodología **31**
5.1. Gestión temporal 31
5.2. Herramientas 33

6. Desarrollo del proyecto **35**
6.1. Informe de requisitos de la batería baja tensión 35

6.2. Identificación de señales por subsistemas 39
6.3. Estimación de consumos 39
6.4. Cambio en la posición de la batería 42
6.5. Numeración y dimensionamiento del cableado 43
6.6. Creación esquema global 45
6.7. Integración 45
6.8. Estado de integración del cableado 48

7. Aspectos económicos **53**
7.1. Coste de Artemiz 53

8. Conclusión **55**

II Documento 2. Planos **57**

9. Planos de piezas **59**
9.1. Plano del soporte de la batería baja tensión 59

A. Anejos **61**
A.1. Anejo - Formula Student Rules 61
A.2. Anejo-Datasheet batería TYVA Mouduloo A5+ 61
A.3. Anejo- Señales por subistsema con asignación de conectores 68
A.4. Anejo- Datasheet de los conectores Souriau (Extracto) 71
A.5. Anejo- Dimensionamiento del cableado. Cálculos de sección 83
A.6. Anejo - Documento de referencia con todas las señales baja tensión de Artemiz 87
A.7. Anejo - Detalle de gastos de Artemiz 91
A.8. Anejo - Alineación con los Objetivos del Desarrollo sostenible 93

Bibliografía **95**

Índice de figuras

1. Batería TYVA Moduloo A5+ v
2. Resultado del estado de integraciónd del cableado de Artemiz v
3. TYVA Moduloo A5+ Battery viii
4. State of Integration of Artemiz Wiring ix

2.1. Prueba de inclinación en el vehículo Invictus en FS Netherlands 8
2.2. Invictus en 2020 realizando la prueba del Skid Pad 10
2.3. Resumen de puntos de una competición Formula Student 11

3.1. Logo TotalEnergies 14
3.2. Logo Alpen Tech 14
3.3. Logo Alten 14
3.4. Logo Ansys 14
3.5. Logo Arrk 14
3.6. Logo Transpolis 14
3.7. Logo Volvo 14
3.8. Patrocinadores principales del EPSA 14
3.9. Vehículos térmicos del EPSA 15
3.10. Vehículo Valkyriz en agsto 2023 15
3.11. Roadmap EPSA 16
3.12. Organigrama del programa FS@ECL 2023-2024 18
3.13. Elementos del departamento BASTIE 20
3.14. Logo del vehículo Artemiz 21
3.15. Esquema de ciclo en V para la gestión de proyectos 23
3.16. Portada del TOP Organe y orden del día 25
3.17. Ejemplo de perfil EPSABox 27

5.1. Diagrama de Gantt del proyecto 32
5.2. Logo de draw.io 33
5.3. Logo del programa CAD Catia 33

6.1. Informe de requisitos de la batería 36

6.2. Resumen de la codificación IP 38
6.3. Señales del subsistema FRWS 39
6.4. Resultados de los consumos por subsistema y circuito 40
6.5. Detalle de los consumos del panel de control 41
6.6. Detalle de los consumos de los elementos de la TSBox 41
6.7. Detalle de las señales baja tensión de la batería de alta potencia (High Voltage) 41
6.8. Test de las tarjetas electrónicas 42
6.9. Resultados de la autonomía de la batería 42
6.10. Vista en 3D del diseño del soporte 43
6.11. Código de colores según el tipo de señal y colores disponibles 44
6.12. Soldadura de estaño 47
6.13. Empalme acabado 48
6.14. Subsistema RRWS con todas sus señales ya realizadas 48
6.15. Estado de integración al final del proyecto 49
6.16. Esquema de las longitudes entre subsistemas 50
6.17. Esquema global del cableado del vehículo Artemiz 51

7.1. Gastos por departamento en Artemiz (TTC) 53

Índice de cuadros

2.1. Puntuación detallada de Cost and Manufacturing 8
2.2. Puntuación detallada del Business Plan Presentation 9
2.3. Puntuación detallada del Engineeering Design Event 9

3.1. Distribución de recursos financieros 22

4.1. Extracto de la reunión del 17/10/2023 sobre los subsistemas de Valkyriz 29

Parte I

Documento 1. Memoria

Capítulo 1

Introducción

El presente proyecto se realiza en el itinerario de la formación de *Ingenierio generalista* en la École Centrale de Lyon. En el segundo año de escolaridad, la escuela, en colaboración con ciertas empresas, ofertan todos los años un gran número de proyectos llamados "Proyectos de aplicación"(PAi), de los cuales algunos son ofertados por la asociación Écurie Piston Sport Club (EPSA) y son denominados programas FS@ECL. Esta asociación es una asociación estudiantil sin ánimo de lucro que tiene como objetivo diseñar, desarrollar y construir un prototipo de coche de competición que pueda participar en la competición del Formula Student.

En esta temporada 2023-2024, el EPSA tiene como objetivo realizar un prototipo de coche eléctrico bautizado como Artemiz que sea capaz de rodar y competir en al menos un Formula Student. Por ello, los conjuntos de los programas FS@ECL propuestos y por tanto este proyecto contribuyen a alcanzar este objetivo. Además, la asociación busca a mejorar su base de conocimiento inter-generacional, intentando dejar pruebas escritas de las decisiones y subsistemas diseñados a las futuras personas que trabajen en el programa.

El cableado y la batería de un coche, ya sea de competición como Artemiz o de uso comercial es indispensable, para poder ejecutar las órdenes que da la inteligencia del vehículo a través de su ordenador de a bordo. Estos dos elementos darán la energía necesaria y el medio para poder transportar en forma de señales estas órdenes. Es por ello que aparece como fundamental un correcto diseño y desarrollo de ambos elementos para facilitar una integración de calidad. Esto es lo que busca en términos generales este proyecto: la concepción, el dimensionamiento y las bases de integración del cableado de baja tensión del vehículo Artemiz.

1.1. Estructura del proyecto

Este proyecto se estructurará comenzando por la presentación de aspectos generales que lo contextualizan.

En primer lugar, se presentará la competición del Formula Student para comprender el contexto del proyecto y ciertas exigencias del mismo.

En segundo lugar se introducirá el organismo donde se a realizado el proyecto, la asociación EPSA. Se explicará su evolución en los últimos años hasta su estado actual. Esto permitirá tener una vista global de las necesidades de la escudería a las que este proyecto intenta responder, así como su funcionamiento.

A continuación se explicará la metodología de trabajo y los recursos utilizados para posteriormente describir las etapas y resultados del trabajo realizado.

1.2. Motivación personal

La realización de un PAi tiene un carácter obligatorio, dejando libre la elección del tema. La elección de realizar el PAi en colaboración con el EPSA nace del deseo de conocer el funcionamiento una estructura de trabajo en el ámbito de la ingeniería. El EPSA acerca a futuros ingenieros al trabajo realizado en estudios de diseño e ingeniería, aportando a su formación una mejor comprensión de las dinámicas de comunicación y decisiones en grupos más extensos a los que se les acostumbra académicamente. Consecuentemente, les fuerza a trabajar *soft-skills*, como la autonomía, el trabajo en equipo y el compromiso.

Por otro lado, desde un punto de vista técnico el proyecto ha permitido descubrir todas las fases de gestión de proyecto y de ingeniería de un proceso industrial. Más concretamente ha permitido adentrarse en el mundo del motorsport y de la electrónica de un vehículo.

Capítulo 2

El Formula Student

El objetivo último de este proyecto y del desarrollo de Artemiz es la posibilidad de competir en el Formula Student. En consecuencia, en este capítulo se va a abordar las motivaciones y el funcionamiento de esta competición.

2.1. Aspectos generales

El Formula Student (FS) tiene como objetivo crear una competición anual entre estudiantes de todo el mundo en desarrollar un vehículo de competición. Esta competición se inició en Europa en 1998, organizada por el Institution of Mechanical Engineers (IMechE) [1] y aconteció en el Reino Unido. De ahí, se expandió al resto de Europa y del mundo. Actualmente, hay un gran número de competiciones repartidas por todo el planeta, siendo las más prestigiosas la de Alemania [2], Estados-Unidos [3] y Japón. Las competiciones enfrentan a los coches de los diferentes estudiantes reunidos por escuderías a diferentes pruebas y se acogen normalmente en circuitos de Formula 1.

La regla principal de la competición es que el coche tiene que estar completamente desarrollado por estudiantes de ingeniería. Ningún profesional, profesor o ingeniero ya titulado puede formar parte del equipo que desarrolla el coche. Sin embargo, los estudiantes siempre pueden ayudarse de consejos de profesores y colaboradores. Todo esto se establece en los primeros artículos el reglamento, el FS Rules (Anejos, section A.1). El FS Rules es el documento de referencia para poder participar en cualquier competición. Este documento establece los criterios de diseño, comportamiento y seguridad que van a seguir estrictamente los jueces a la hora de valorar el trabajo de una escudería.

Además, cada Formula Student por país impone ciertas normas adaptándose a su situación. Se establecen también un cierto número de fechas de inscripciones y deadlines para la entrega de documentación para poder participar, haciendo el calendario bastante apretado.

En cuanto a los recursos para la realización del vehículo, son también los alumnos los que deben buscar financiación a través de patrocinios, ayudas de la Universidad o subvenciones. El FS impone una presentación de cuentas y contabilidad a las escuderías antes de presentarse a cualquier competición.

2.2. Inscripciones a una competición Formula Student

Aunque todas las escuderías pueden optar por participar en cualquier competición Formula Student, debido a cuestiones de capacidad y logística a una competición solo pueden ir un reducido número de escuderías. Por ello, cada competición organiza cuestionarios de inscripción. Cada cuestionario difiere según el lugar de la competición y hay una plataforma para poder entrenarse a estos cuestionarios [4]. Normalmente los cuestionarios oficiales se abren a finales de enero y suelen ser en todos en la misma semana (al menos los europeos). Las preguntas son de conocimiento del reglamento y de ingeniería enfocada a la automoción.

2.3. Desarrollo de la competición

Las competiciones del FS tienen lugar en los meses de julio y agosto y cada competición tiene 18 pruebas. Además es posible participar en diferentes categorías. Los vehículos se clasifican según su motorización -térmicos o eléctricos- o su conducción -con piloto o autónomo-. Existen por tanto dos categorías en la que pueden inscribirse las escuderías : vehículo de combustión interna y vehículo eléctrico. Además, una vez escogida su categoría, las escuderías pueden presentarse a la competición de vehículo autónomo. Por otro lado, para cada categoría, también es posible participar en el FS según dos enfoques diferentes:

- **La Concept Class (Class 2):** Los equipos que participan en la Concept Class presentan únicamente su proyecto y diseño para un futuro vehículo que competirá en la Class 1. Presentan sus elecciones tecnológicas y costes. De esta manera, pueden recibir comentarios de los jueces e ideas de otras escuderías para mejorar su futuro vehículo.

- **La Class 1:** Los equipos calificados en esta clase participan en las pruebas estáticas y dinámicas.

2.3.1. Pruebas estáticas y dinámicas

Un vehículo presentado en Class 1 pasa entonces por dos tipos de pruebas: las pruebas estáticas y las pruebas dinámicas.

Pruebas estáticas

Las pruebas estáticas sirven para verificar las características del coche en términos de diseño y seguridad. No es necesario que el coche ruede (es decir que su motorización funcione) porque estas pruebas se realizan con el coche parado. Su objetivo es determinar si los coches respetan el reglamento y permite a los jueces evaluar las elecciones tecnológicas. Se evalúa también el dominio del proyecto del equipo desde un punto de vista financiero. Estas pruebas sirven de preparación y condicionan la participación en las pruebas dinámicas. Las tres pruebas estáticas que otorgan un total de 350 puntos son:

- **Technical Inspection :** No se otorgan puntos en esta prueba, pero su éxito condiciona la participación en las pruebas dinámicas del vehículo. El objetivo es asegurarse de que el vehículo desarrollado respete el reglamento impuesto mediante una verificación minuciosa de los elementos mecánicos y eléctricos, así como del equipo del piloto. Los jueces examinan los diferentes componentes del coche incluidos en la hoja de inspección. Esta pre-prueba es esencial para garantizar que el coche puede ser probado de manera segura en otros aspectos, siendo la primera revisión que todos los coches deben pasar, independientemente de la categoría en la que compitan o del tipo de vehículo que sean.

  Esta verificación se realiza en varias partes: verificación de los elementos eléctricos y mecánicos (incluido el equipo del conductor), una prueba de inclinación (una inclinación de 45º para comprobar si el coche pierde aceite o combustible y una inclinación de 60º para verificar si el agarre del coche ha sido calculado correctamente), una prueba de sonido para medir el volumen de los coches térmicos y una prueba de lluvia para los coches eléctricos.

  Por ejemplo, en Figure 2.1 podemos ver el prototipo Invictus del EPSA del año 2020 realizando la prueba de inclinación.

- **Cost and Manufacturing:** Esta prueba otorga un máximo de 100 puntos. La prueba implica simular la producción en pequeña serie del prototipo del vehículo. Durante esta fase, los equipos defienden su método de cálculo de costos, respaldado por un informe detallado (el Cost Report Document, CDR). El objetivo es demostrar la viabilidad económica del diseño y la capacidad del equipo para gestionar eficientemente los recursos durante la producción. Se valorá el ratio calidad/precio. Esta prueba tiene 3 partes.

  La primera es la “Bill of Materials (BOM) Discussion”. La BOM es un documento incluido en el CDR. En esta prueba se verifica que las especificaciones indicadas en dicho informe son acordes con el vehículo y si los costes son correctos y realistas. La segunda es la “Cost Understanding”, en la que los jueces interrogan a los equipos sobre su conocimiento general en la manufactura y sus

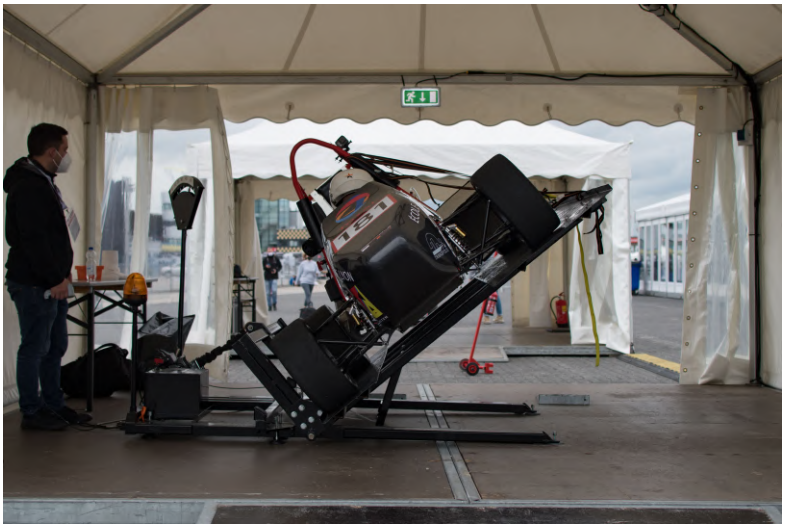


Figura 2.1: Prueba de inclinación en el vehículo Invictus en FS Netherlands

costos. La última parte es la “Real Case”dónde se pregunta al equipo sobre un caso de producción en un cierto ámbito propuesto por la competición.

El detalle de los puntos que se pueden acordar se pueden ver en la Table 2.1.

Categoría	**Puntos**
Formato y Precisión de Documentos	5
Conocimiento de Documentos y Vehículo	5
BOM y Discusión de BOM	35
Discusión Parte 2 ”Comprensión del Costo”	35
Parte 3 “Caso Real”	20
Total	**100**

Tabla 2.1: Puntuación detallada de Cost and Manufacturing

- **Business Plan Presentation** : En esta prueba la escudería puede ganar hasta 75 puntos. El equipo debe vender su vehículo a inversores ficticios. Deben defender el proyecto destacando sus puntos fuertes: rentabilidad, seguridad y viabilidad, entre otros. Esta prueba permite a los estudiantes demostrar su habilidad de transformar ideas en un producto real y como han sido capaces de llevar a cabo el proyecto, en la búsqueda de financiación y planificación. El detalle de los puntos de esta prueba se puede ver en la Table 2.2.

- **Engineering Design Event :** La puntuación máxima de esta última parte es de 150 puntos. Esta prueba evalúa las elecciones técnicas realizadas por los equipos.

Category	**Points**
Pitch Video	10
Content	20
Finances	10
Deep Dive Topic	10
Demonstration and Structure	15
Delivery	10
Questions	10
General Impression	15
Total	**100**

Tabla 2.2: Puntuación detallada del Business Plan Presentation

Para esta prueba hay que presentar un "Engineering Design Report"presentando las soluciones técnicas y los objetivos de la escudería. Los jueces valorarán la calidad de este de informe así como el conociemiento técnico de los miembros del equipo del coche. El detalle de los puntos de esta prueba puede verse en la Table 2.3.

Categoría	**Puntos**
Overall Vehicle Concept	20
Software	10
Vehicle Performance / Aerodynamics	30
Mechanical / Structural Engineering	10
Tractive System / Powertrain	20
LV-Electrics / Electronics / Hardware	10
Autonomous Functionality	30
Driver Interface	10
Engineering Design Report (EDR)	10

Tabla 2.3: Puntuación detallada del Engineeering Design Event

Pruebas dinámicas

Las pruebas dinámicas son una parte esencial de la competición. Estas evalúan el desempeño del vehículo en condiciones reales de carrera. Estas pruebas otorgan un máximo de 675 puntos. Estas pruebas incluyen:

- **Acceleration (50 puntos):** Esta prueba mide la capacidad del vehículo para acelerar desde una posición estática. El coche acelera desde parado en una pista recta

de 75 metros. Los equipos deben lograr el menor tiempo posible en esta distancia. La prueba evalúa la eficiencia del motor y la tracción del vehículo.

- **Driverless acceleration (75 puntos):** Misma prueba que la anterior pero en conducción autónoma. Se puntuará con 0 puntos si el vehículo no es autónomo.

- **Skid Pad (50 puntos):** Esta prueba mide la capacidad del vehículo para mantener la estabilidad y el control en curvas. Los vehículos corren en un circuito en forma de ”8”Los círculos del circuito tienen un diámetro de 15,25 m. Se evalúa el tiempo necesario para completar las vueltas y se calcula la aceleración lateral del vehículo. Esto pone a prueba el agarre de los neumáticos y la configuración del chasis. En la Figure 2.2 puede verse el prototipo Invictus del EPSA realizando esta prueba.

- **Driverless Skidpad (75 points) :** Misma prueba que el SkidPad pero en forma de vehículo autónomo.

Figura 2.2: Invictus en 2020 realizando la prueba del Skid Pad

- **Autocross (100 puntos)**: Esta prueba evalúa la maniobrabilidad y la velocidad del vehículo en un circuito con muchas curvas y cambios de dirección. Este circuito tiene una longitud de aproximadamente 1 km y la velocidad media es de alrededor de 50 km/h, con picos de hasta 80 km/h. Los vehículos deben completar el circuito en el menor tiempo posible. Se evalúan las capacidades de manejo, respuesta y control del automóvil.

- **Endurance (250 points) :** Esta prueba evalúa la resistencia y la fiabilidad del vehículo. Dos pilotos se relevan a mitad de la prueba para recorrer en total una distancia de aproximadamente 22 km en el circuito de Autocross. Esta prueba

es especialmente difícil para los vehículos eléctricos, ya que implica una buena gestión de la energía del vehículo, así como un pilotaje simultáneamente eficiente y económico.

- **Efficiency (75 points) :** Está vinculada a la prueba de Resistencia. El consumo de energía del vehículo se mide, y los puntos se otorgan según la eficiencia en el uso de la energía proporcionada por la batería de alta potencia.

Para resumir, en la Figure 2.3 podemos ver más claramente el peso que tiene cada prueba y así tener una vista del peso de cada prueba. El ganador de una competición es la escudería que consiga el mayor número de puntos en el conjunto de las pruebas, siendo 1000 el máximo de puntos que puede obtener.

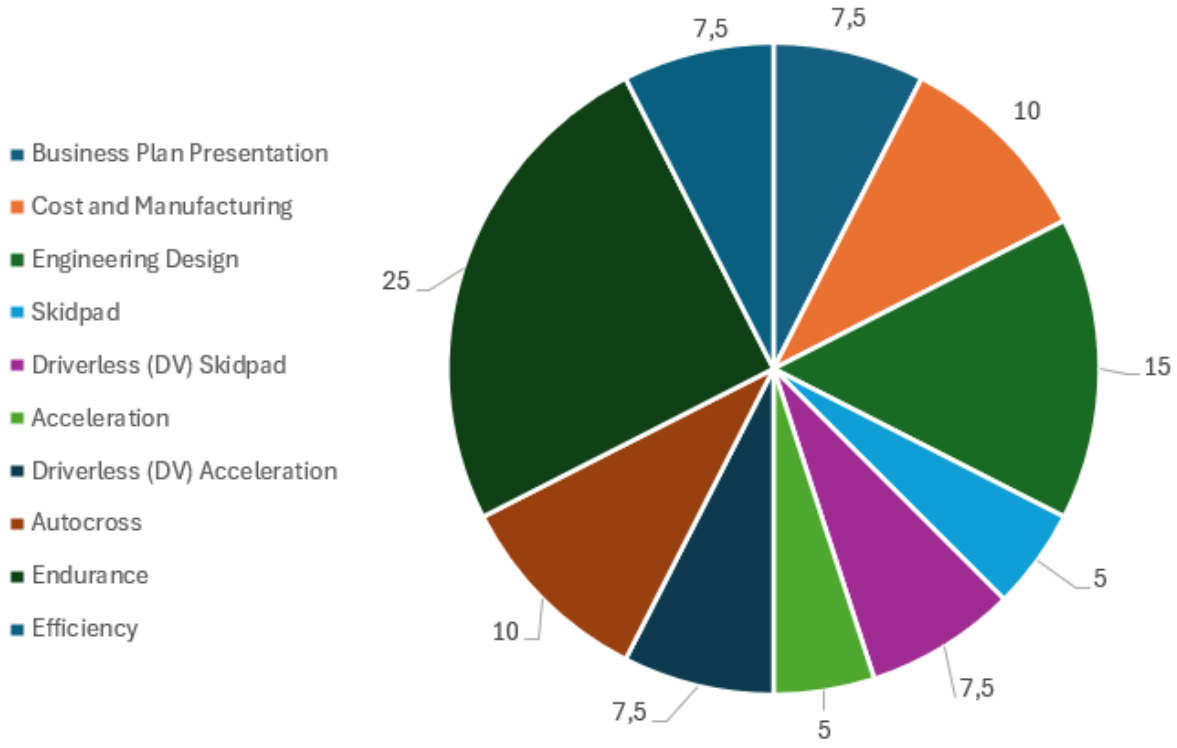


Figura 2.3: Resumen de puntos de una competición Formula Student

Estas pruebas y las reglas de comportemiento durant el desarrollo de competiciones FS se recogen en su reglamento (Anejos, section A.1).

Para finalizar, hay que destacar que en vistas de la imposibilidad evidente de participar en todas las competiciones por razones de logística, presupuesto y tiempo, la escudería EPSA sólo intenta participar en alguna ediciones europeas cada año.

Capítulo 3

EPSA - Écurie Piston Sport Auto

En este capítulo se presentará la asociación EPSA, encargada de dirigir y encuadrar el programa FS@ECL del que forma parte el proyecto. Gracias a la comprensión del funcionamiento de esta asociación, se verán con más claridad los objetivos últimos del proyecto, su gestión y la forma de enfocar la necesidad que busca satisfacer. Además se presentará el departamento BASTIE, departamento dónde se realizó el proyecto.

3.1. Introducción y contexto

El Écurie Piston Sport Auto (EPSA) es una asociación de estudiantes vinculada a la École Centrale de Lyon en Francia. Según su página corporativa [5], esta asociación se creó en 2002 con el objetivo de desarrollar los deportes de motor y la ingeniería de sistemas automotrices dentro de la escuela.

El resultado de este deseo es que cada año, unos 60 estudiantes, diseñan y desarrollan un prototipo de vehículo para participar en alguna competición de motor sport. Los estudiantes se encargan de toda la parte tecnológica pero también de toda la parte de gestión de proyecto y financiación del prototipo y de la asociación. Esta parte de financiación es de vital importancia y por ello el EPSA tiene ciertas relaciones de patrocinio con empresas. Algunos ejemplos de empresas patrocinadoras se pueden ver en la Figure 3.8.

La asociación actualmente se centra en la participación en competiciones del formato ya presentado, el Formula Student. Sin embargo, esto no fue siempre así. De hecho, desde su inicio hasta el año 2014, el EPSA participaba en las ediciones del trofeo SIA. El trofeo SIA estaba organizado por la Société des Ingénieurs de l'Automobile y era para estudiantes de la enseñanza superior. Esta competición tenía como objetivo enfrentar a prototipos de vehículos de competición, valorando el enfoque ecológico y la innovación para así estimular la imaginación de futuros ingenieros. Una característica distintiva de esta competición era la necesidad de contar con un modo de "Cero Emisio-

Figura 3.1: Logo TotalEnergies

Figura 3.2: Logo Alpen Tech

Figura 3.3: Logo Alten

Figura 3.4: Logo Ansys

Figura 3.5: Logo Arrk

Figura 3.6: Logo Transpolis

Figura 3.7: Logo Volvo

Figura 3.8: Patrocinadores principales del EPSA

nes", requerido durante una prueba de recorrido de 1100 metros sin el uso de un motor térmico.

Fue entonces, en 2014 y tras un recorrido triunfal por este trofeo con victorias generales en el año 2006 y 2009, que el EPSA buscó desafíos con más prestigio y decidió preparar un prototipo para competir en el Formula Student. Estas competiciones tienen un cierto reconocimiento internacional más amplio y son más exigentes. Hasta 2017, cada generación en EPSA producía su propio vehículo, antes de pasar a un ciclo de dos años, es decir que dos generaciones trabajan en un mismo vehículo.

En estos años y hasta 2021, el EPSA participó en la categoría de vehículo térmico y realizó 7 vehículos térmicos para participar en 11 competiciones del Formula Student. Los diferentes prototipos y participaciones se pueden ver más detalladamente en la Figure 3.9.

Sin embargo, en este mismo año 2021, el EPSA tomó la decisión de cambiar de categoría. Los futuros prototipos de vehículos del EPSA dejarían de participar en la ca-

Nombre del vehículo	Participación	Resultados destacables	Año
Dynamix	FS Italy, FS UK	24º, 20º	2014
Atomix	FS Italy, FS UK	24º,31º	2015
Kinetix	FS Italy	23º	2016
Olympix	FS Italy	6º Cost Event	2017
Vulcanix	FS Italy	4º Cost Event	2018
Optimus	FS Italy, FS Netherlands	4º en Business Plan, 4º en Acceleration	2019
Invictus	FS Netherlands, FS Austria, FS Germnay	Vencedor en prueba Acceleration FS Germany	2021

Figura 3.9: Vehículos térmicos del EPSA

tegoría de vehículos térmicos para empezar su andadura en la categoría eléctrica. Esto supuso un gran cambio para la escudería ya que había que abandonar numerosas soluciones tecnológicas para desarrollar nuevas, especialmente la batería de alta potencia. Esta batería alimentará al motor y requiere de una manipulación y almacenamiento especial por cuestiones de seguridad. El resultado de esta transición fue Valkyriz, el primer vehículo del EPSA eléctrico. Este vehículo puede verse en la Figure 3.10.

Figura 3.10: Vehículo Valkyriz en agsto 2023

Para realizar este vehículo, la escudería estuvo 3 años. El trabajo de Valkyriz empezó en el 2021 y finalizó en verano de 2023. En estos tres años, las generaciones de estudiantes de ingeniería se turnaron para finalmente presentar al vehículo Valkyriz en Formula Student Suiza 2023. A pesar de todo, el prototipo no estaba terminado y no rodaba, ya que algunos componentes no estaban integrados, como su batería de alta potencia. De todas formas, no habría sido autorizado para rodar en las pruebas dinámicas,

ya que no cumplía con el reglamento de la Formula Student. Por eso, la temporada 2023 lanzó el diseño Artemiz, la hermana pequeña de Valkyriz, sin los defectos de diseño de esta última. Los objetivos para este nuevo diseño son pasar con éxito las inspecciones técnicas (las pruebas estáticas), con la excepción de la batería de alta potencia, pero que el vehículo sea capaz de rodar.

Por otro lado, la escudería también se ha marcado objetivos para futuros programas como podemos ver en el "Roadmap"de la Figure 3.11. La escudería piensa seguir trabajando en el vehículo eléctrico, dónde un trabajo considerable en la batería de alta potencia es fundamental para el aumento en conocimiento de la escudería. Por otro lado, la escudería se marca ya el objetivo de presentar un vehículo que pueda competir en las categorías autónomas en futuras temporadas.

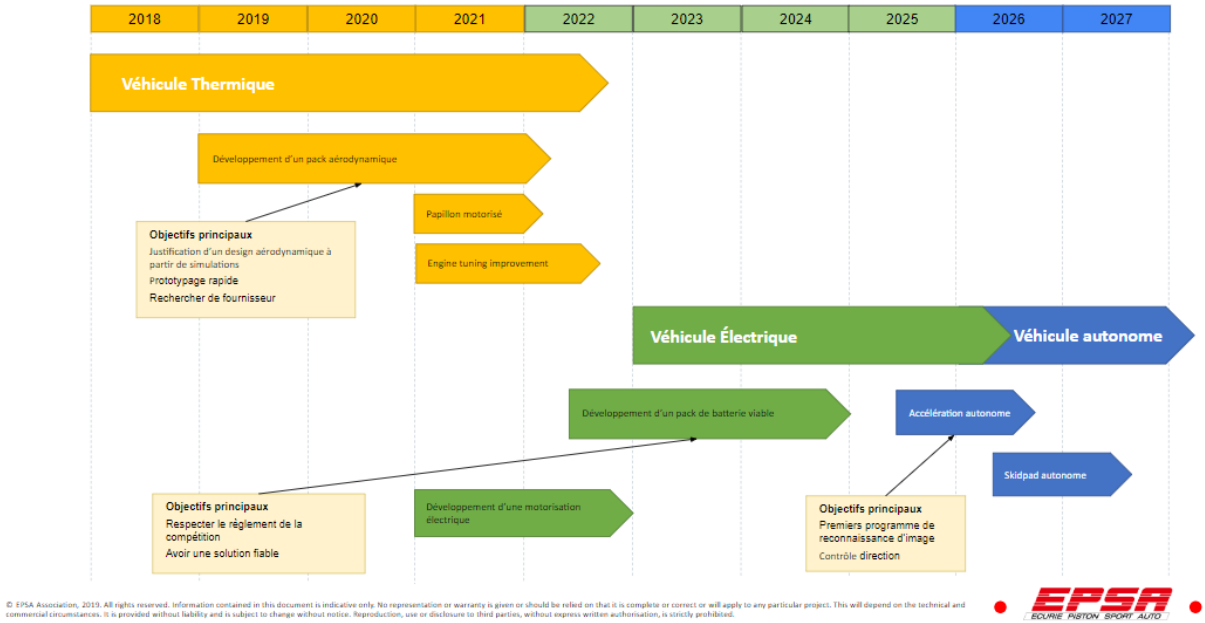


Figura 3.11: Roadmap EPSA

3.2. Presentación del equipo del porgrama FS@ECL

Para conseguir que Artemiz salga a la luz, el EPSA lanzó el programa FS@ECL 2023-2024. Este programa está compuesto por dos generaciones de alumnos. Los alumnos de primer año (1A) que acaban de ingresar en la escuela y los alumnos de segundo año (2A). Estos últimos cursan su segundo año en la École Centrale de Lyon y la mayoría de ellos ya han formado parte el año anterior de la escudería, especialmente los directores de departamentos. Como la mayoría de estructuras de ingeniería, el programa

y el EPSA se organiza por departamentos. El organigrama del programa puede verse en la Figure 3.12.

Los roles de los diferentes puestos se explican a continuación:

- **Le Bureau associatif:** Su objetivo es organizar el equipo y asegurar su cohesión, gestionando una estructura externa al programa educativo, lo que permite un aporte financiero, humano y material (particularmente mediante el desarrollo de relaciones con patrocinadores y socios educativos) al núcleo del mismo.

- **La Direction du Programme:** Es la encargada de recibir la solicitud de la escuela y llevar a cabo el proyecto. Primero se encarga de definir los requisitos necesarios para cumplir con los objetivos de la temporada, definidos por los tutores de la École Centrale de Lyon. Luego, se asegura del buen desarrollo del proyecto supervisando el trabajo para garantizar que se realice correctamente y a tiempo. Sus miembros son:

  - **Directeur projet:** Es el guardián del tiempo y el coordinador del proyecto a nivel de los estudiantes. Se asegura de la cohesión del grupo y del cumplimiento de los plazos, manteniendo la comunicación con los diferentes comités de la Escuela.
  - **Directeur financier:** Es el responsable de los presupuestos educativos y de los fondos asociativos. Actualmente, también es el encargado de todas las órdenes de compra para el equipo.
  - **Directeur Technique:** Es responsable del aspecto técnico del coche: asegura la coherencia del trabajo entre los departamentos y la correcta integración de los diferentes sistemas. Se asegura de que los componentes producidos cumplan con los estándares de FS.
  - **Directeur Performance:** Es responsable del rendimiento del vehículo y se asegura de que el resultado final cumpla con los objetivos establecidos en los requisitos.

- **Los departamentos CHASEA, LASMECA, CHAIPE, BASTIE, MODAC:** Son los grupos de trabajo que desarrollan cada uno un sistema específico del coche:

  - **CHASEA:** Chasis Equipado y Aerodinámico.
  - **LASMECA:** La Conexión al Suelo Mecatrónica.
  - **CHAIPE:** La Cadena de Potencia Eléctrica.
  - **BASTIE:** Baja Tensión e Inteligencia Embarcada. Es el departamento en el que tiene lugar este proyecto.
  - **MODAC:** Los Módulos, el Acumulador y el Contenedor.

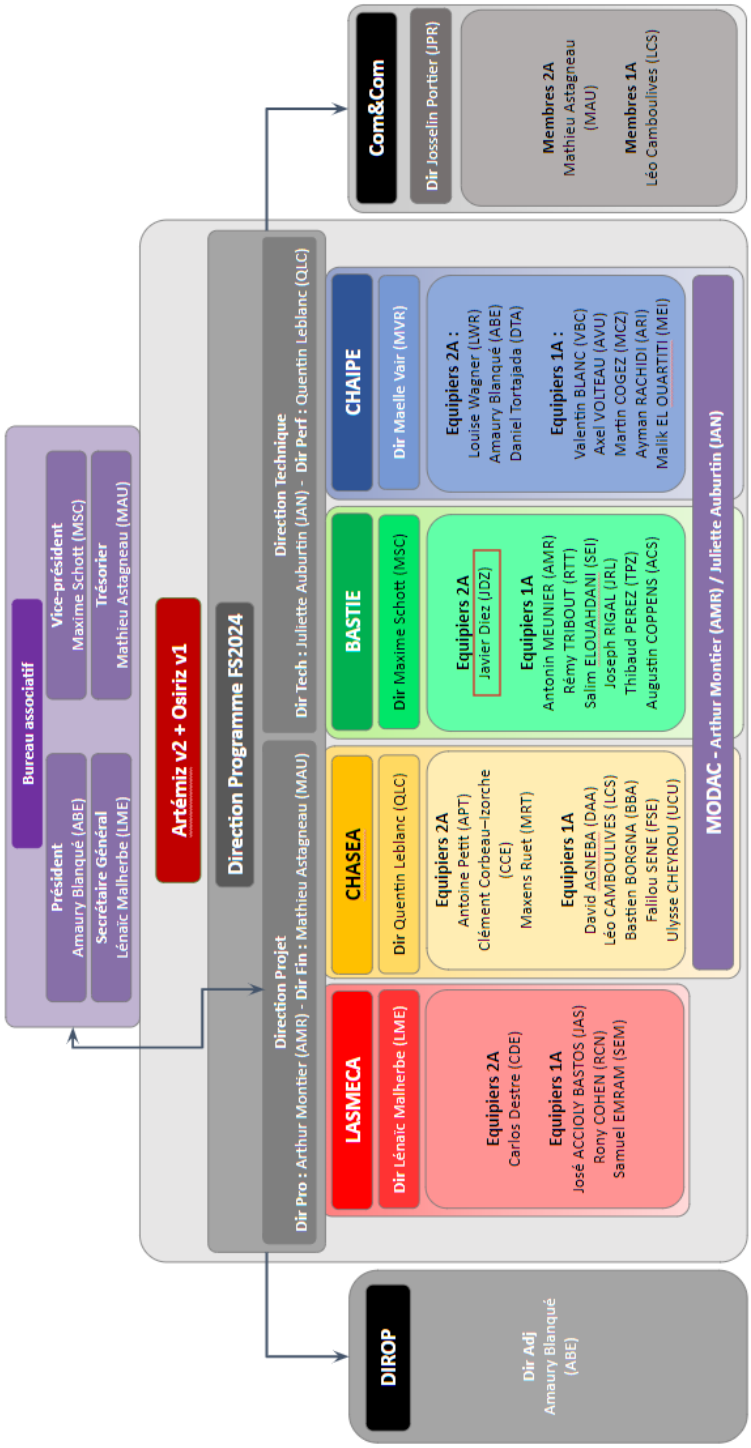


Figura 3.12: Organigrama del programa FS@ECL 2023-2024

Estos grupos de trabajo son intergeneracionales, los estudiantes de primer y segundo año trabajan juntos en el diseño, la realización y la validación de los subsistemas del vehículo. La experiencia adquirida por los estudiantes de segundo año en el programa les da una perspectiva más macro: son los encargados de planificar y formar. Los estudiantes de primer año reciben tareas específicas de los de segundo año y aprenden junto a ellos a ejecutarlas. Así comprenden el funcionamiento del programa durante el año, con sus momentos críticos (inicio de temporada, pruebas, y competiciones, entre otros).

Como novedad del programa de este año y para el vehículo Artemiz, se creó el departamento MODAC. Este departamento por el momento solo lo confroman dos alumnos de segundo año Arthur Montier y Juliette Auburtin que lo combinaban con sus funciones de directores. Sin embargo,a lo largo del programa se ha intentado formar específicamente a estudiantes de primer año en cuestiones eléctricas para convertirlo en un verdadero departamento para la temporada 2025, con miembros dedicados exclusivamente a dicho departamento.

- **El departamento COM&COM: Comercio & Comunicación:** Se encarga de desarrollar nuevas relaciones de patrocinios y mantener las existentes. Su rol es crucial ya que permite al equipo financiarse, ya sea recaudando subvenciones académicas, o recibiendo piezas que se integrarán al coche.

- **El departamento DIROP: Dirección de Operaciones:** Históricamente, es una estructura interna a los departamentos mecánicos (CHASEA, LASMECA), creada a raíz del accidente del prototipo STUF-2019 Optimus con el objetivo de profesionalizar el equipo en términos de depuración, explotación de los vehículos, organización de las sesiones de prueba y formación de pilotos.

Por otro, todo el programa FS@ECL está tutorado por profesores de la École Centrale de Lyon. Estos profesores no sólo tienen la labor de guiar y aconsejar en ciertas decisiones, sino que también supervisan que el trabajo realizado en el programa esté en consonancia con los objetivos de aprendizaje fijados por la escuela. A este grupo de profesores pertenece precisamente el director de este proyecto, Patrick Serrafero miembro del Consejo de Dirección Pedagógica.

3.3. Departamento BASTIE

Como ya se ha indicado, el departamento BASTIE es el departamento dónde se realizó el proyecto. Este departamento se ocupa de todos los subsistemas alimentados con poco voltaje. De hecho, las alimentaciones de estos sistemas no suele ser mayor de 15 V. Los diferentes subsistemas con los que trabaja el departamento son:

- **El cableado de baja tensión,** subsistema principal que permite las diferentes conexiones eléctricas de baja tensión dentro del vehículo. Se descompone en dos partes: una parte delantera y una parte trasera. Estas están conectadas al nivel de la cortafuegos (firewall).
- **Las tarjetas electrónicas,** que utilizan las diferentes señales del vehículo para realizar varias acciones necesarias para la seguridad del conductor y de las personas circundantes.
- **El Shutdown Circuit** o circuito de parada de emergencia que es la fuente de alimentación de los relés de la batería de alta tensión. Su papel es primordial ya que aísla la batería High Voltage (HV) en caso de que se produzca algún incidente.
- **El ordenador de a bordo o VCU**, para interactuar con los otros subsistemas y controlar los diferentes relés del vehículo.
- **El panel de control y su pantalla,** para informar al piloto de los valores interesantes como el nivel de carga de la batería HV.
- **La batería de baja tensión**, que alimenta los subsistemas anteriores y el circuito de parada de emergencia.

En la Figure 3.13 podemos ver una representación de un vehículo tipo del EPSA con los elementos del departamento BASTIE en verde.

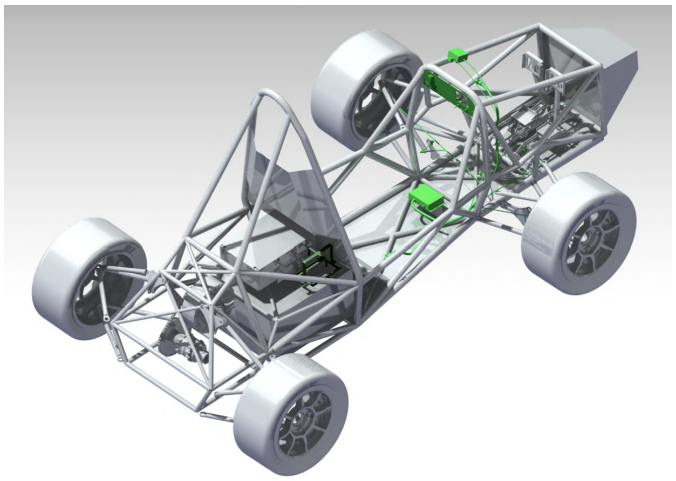


Figura 3.13: Elementos del departamento BASTIE

El departamento como podemos ver en la Figure 3.12 estaba compuesto por el director, alumno de segundo año y el único que estuvo en este departamento en la temporada 2022-2023 y de 7 alumnos, 6 de primer año y uno de segundo.

3.4. Objetivos del programa FS@ECL para la temporada 2023-24

Una vez conocida los aspectos generales y la organización del programa, resulta natural presentar los objetivos fijados por esta organización. La dirección del proyecto consideró que el objetivo principal de esta temporada era **el diseño y producción de Artemiz, el segundo vehículo eléctrico de la escudería**. El logo oficial de este vehículo puede verse en la Figure 3.14. Se fija además asentar una buena base para el vehículo Osiriz de la próxima temporada, concretamente tener correctamente la estructura tubular. Este último objetivo no se detallará exhaustivamente por salirse de los límites del proyecto. Se marcó como una temporada exitosa si la escudería era capaz de inscribirse

Figura 3.14: Logo del vehículo Artemiz

y participar en al menos una competición Formual Student **en agosto de 2024**. Este objetivo conlleva como ya se ha presentado entregar todos los informes acerca del coche ya presentados en el chapter 2. La fijación de este objetivo se entiende por los beneficios para la escudería de participar en estas competiciones:

- **Inspección técnica:** El diálogo con los jueces, verdaderos profesionales, permite obtener retroalimentación relevante sobre los vehículos eléctricos. Se reciben opiniones sobre todas las decisiones tomadas, se pueden plantear muchas preguntas y se identifican los puntos críticos del desarrollo del prototipo.

- **Diálogo con otras escuderías:** El intercambio con otros estudiantes de ingeniería, provenientes de varios países, permite beneficiarse de su experiencia, absorber sus métodos de reflexión y quizás obtener contactos para futuras colaboraciones.

- **Informes en las pruebas estáticas:** Se deben preparar numerosos informes como se ha explicado en el capítulo anterior. Algunos de estos informes tienen altas exigencias técnicas y requieren una comprensión detallada de los sistemas tratados,

mientras que otros resaltan la comunicación y la divulgación científica con fines comerciales. En otras palabras, se realizan tareas similares a las de ingenieros en empresas, pero a una escala reducida y esto enriquece la escudería.

Además se fijó el objetivo de asumir una subida en competencias de la escudería especialmente en la batería de alta potencia con el departamento MODAC y una mejora de la estrategia de continuidad para las futuras generaciones.

3.5. Financiación del programa

Para alcanzar estos objetivos, el programa basa su financiación principalmente en la École Centrale de Lyon y en sus acuerdos de patrocinio. En la Table 3.1 podemos ver en detalle las diferentes categorías de financiación para el programa de esta temporada.

Recursos financieros	
Fuente	**Cantidad disponible**
Centrale ISYRUN 2023	13.186,00 €
Centrale ISYRUN 2024	45.000,00 €
Centrale PE 2023	28,00 €
Centrale PE 2024	900,00 €
Asociativo	16.747,00 €
Total	**75.861,00 €**

Tabla 3.1: Distribución de recursos financieros

Entre los recursos financieros, encontramos:

- Los presupuestos **Centrale ISYRUN 2023 y 2024**: son fondos asignados por la escuela para realizar pedidos. Se establecen para un año de calendario (enero a enero); por ejemplo, el presupuesto ISYRUN 2023 se abrió en enero de 2023 y se cerró en diciembre de 2023. Históricamente, ascienden a 45000€, IVA incluido. El monto inicial de 13186.00€ de ISYRUN 2023 es el resultado del excedente de la temporada pasada.

- Los presupuestos **Centrale PE 2023 y 2024** son fondos asignados nuevamente por la escuela como consecuencia de la presencia de alumnos de primer año en el programa. Los alumnos de primer año forman parte del programa a través de los Proyectos de Estudio (PE), un proyecto obligatorio de la escuela que se realiza el primer año. En Centrale Lyon, cada PE recibe un presupuesto de 300€ para su proyecto, y como el programa FS@ECL agrupa 3 grupos de PE, recibe un presupuesto PE de 900€. A diferencia del presupuesto Centrale ISYRUN, este

presupuesto se abre en septiembre con el inicio de los PE y se cierra en junio con su finalización. El monto de 28€ para la Temporada 2024 es por la misma razón que para el presupuesto Centrale ISYRUN 2023 y se debe a gastos realizados en la temporada anterior.

- El apoyo **asociativo** representa el dinero aportado por la asociación EPSA para la compra de piezas o para las competiciones. Está financiado en gran parte por el convenio establecido por el EPSA y la empresa Total Energies SE, aportando esta temporada 15 000€.

Estos son los recursos disponibles para el programa, aunque en la mayoría de los casos no se llega a utilizar todo este dinero.

3.6. Metodología del programa

Al ser un proyecto de una cierta envergadura y que involucra un gran número de estudiantes, es necesario una minuciosa organización de de los tiempos de trabajo y establecer una metodología. A esto hay que añadirle el hecho de que es un proyecto inter-generacional y que por tanto tiene que tener en cuenta una cierta sucesión. Para ello, se establece una organización de proyecto de ciclo en V. Un esquema de este tipo de gestión de proyecto puede verse en la Figure 3.15.

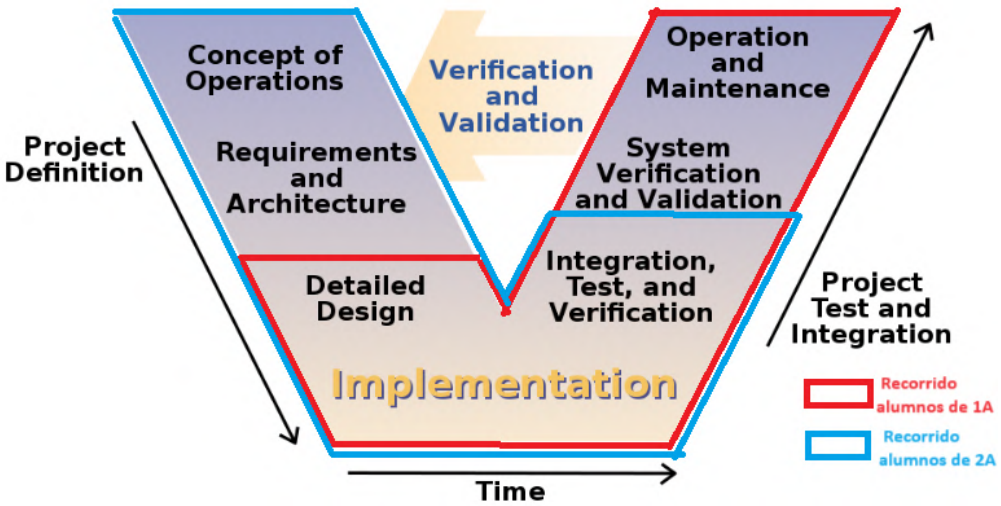


Figura 3.15: Esquema de ciclo en V para la gestión de proyectos

Este ciclo en V es seguido por cada uno de los elementos que compondrá un vehículo EPSA, por lo que también los sistemas desarrollados en este proyecto. Este ciclo consta

de una primera etapa de descenso en abstracción. Es decir, primeramente se idea y reflexiona sobre las necesidades que quiere satisfacer nuestro sistema para poder definir un diseño preliminar de la arquitectura que tendrá. Seguidamente, se pasa a una etapa de concepción mucho más detallada dónde se desarrolla cada elemento del subsistema. A continuación el proyecto pasa a un estado de implementación, donde los diferentes elementos y subsistemas que componen el sistema se entrelazan. Al finalizar esta etapa, el proyecto pasa al estado de verificación y test, y como se realizó en la parte de concepción, el proyecto se verifica y valida en un primer momento de forma unitaria (es decir cada subsistema separadamente) para ir poco a poco subiendo en interconexión y respuestas en conjunto.

El programa comenzó en septiembre de 2023 y finalizará en septiembre de 2024. Los alumnos de primer año trabajarán el programa en la totalidad de su duración, mientras que los alumnos de segundo año dejarán el programa en abril. Los alumnos de primer año pasan por una fase de preparación para conocer el funcionamiento de la escudería y la forma de trabajar, así como de las diferentes herramientas que utiliza el equipo. Luego integran completamente su equipo por departamento en la fase de concepción detallada para proseguir con el ciclo en V, hasta finalizarla. Los alumnos de segundo año por el contrario comienzan desde el principio del ciclo en V y suelen partir cuando el proyecto se encuentra con la integración finalizada y se comienza la etapa de validación. De hecho, esto suele ser un buen indicador del cumplimiento con los jalones temporales marcados en los objetivos.

Todos los elementos que se trabajan en este proyecto van a pasar o han pasado por este ciclo de proyecto.

En cuanto a la organización temporal, todos los miembros de la escudería de segundo año se reunían los martes de 14h a 18h para trabajar en un espacio común, aunque cada miembro trabajase para los sistemas de su departamento. Los alumnos de primer año hacían lo propio los miércoles en la misma franja horaria, con apoyo cuando era posible de los alumnos de segundo año.

Además, para verificar la coherencia del proyecto y tener al corriente a los diferentes actores de su progresión, el conjunto del programa (tutores, patrocinadores y miembros de la escudería) se reunían todos los primeros miércoles de cada mes: las reuniones **TOP**. En ellos, se detallaban por departamentos los avances durante el mes, incluyendo una valoración de los directores técnicos y financieros. En el programa FS@ECL de la temporada 23-24 los TOP a los que contribuyó este proyecto son:

- **TOP Saison:** Inaugura la temporada. Suelen estar presentes Director de la École Centrale de Lyon y los patrocinadores de la escudería. Es un momento para que los nuevos integrantes conozcan a todos los miembros del equipo. Además se presentan el estado actual de la escudería y los objetivos de la temporada.

- **TOP Synthèse 1 y 2:** Se presentan los avances en un estado todavía de reconocimiento de problemas del vehículo anterior y una concepción preliminar.

- **TOP Copeaux 1 y 2:** Además de los avances, se presentan los resultados a las pruebas de inscripción. Suele coincidir con el fin de la concepción y el comienzo de la integración.

- **TOP Organe:** Se detalla el nivel de integración. Se empiezan a crear los kits de ensamblaje.

- **TOP Véhicule:** Intenta coincidir con el fin de la integración y busca su validación para pasar a los test de verificación. Clotura la etapa de los 2A y se presenta el nuevo mandato.

Como podemos ver en la portada con el orden del día de la reunión del TOP Organe en la Figure 3.16, en las reuniones TOP se empezaba por hacer un resumen del estado del proyecto (point projet) para que luego cada departamento presente su respectivo trabajo.

Figura 3.16: Portada del TOP Organe y orden del día

3.7. Herramientas del programa

Al ser un proyecto común, el uso de herramientas colaborativas aparece como un aspecto incontornable. En efecto, el EPSA utilizaba principalmente 3.

La primera, es una carpeta en Google Drive [6]. En este Drive, todo el mundo puede crear y modificar documentos, siempre siguiendo unas directivas de arborescencia. En este espacio, se almacenan esquemas, informes, presentaciones, hojas de contabilidad y documentación útil para el desarrollo de los vehículos. La arborescencia de las carpetas es tal que están organizadas por grado de desarrollo (pre-concepción, concpeción, test, competiciones...). En cada grado de desarrollo se divide el espacio por departamentos.

La segunda herramienta es GitHub [7]. GitHub es esencial para que todos los miembros del equipo tengan la versión más reciente del vehículo. Esta herramienta se usa principalmente para los elementos en CAD de la maqueta de Artemiz y para las tarjetas electrónicas diseñadas gracias a KiCad. Este proyecto lo utiliza principalmente para diseñar el soporte de la batería y los botones del Master Switch Plate.

La tercera herramienta es la “Boite de Connaissance Collaborative multi-espaces de l’Écurie centralienne EPSA”(Caja de conocimeinto multiespacios)[8]. Esta herramienta históricamente se utilizaba como lugar para almacenar el “conocimiento” de la escudería. En ella se almacenaba todas las actas de reuniones y resúmenes de TOPs, todos los informes de ingeniería de la escudería y las diferentes fases de ingeniería de cada sistema del vehículo. Cada miembro del equipo tiene un perfil dónde actualiza sus publicaciones y las versiona. Un ejemplo de perfil puede verse en la Figure 3.17. Sin embargo, como se presentará más adelante, este año el EPSA ha pasado por numerosos cambios y dificultades, por lo que esta herramienta pasó a tener un uso residual a partir de la mitad del programa. Este proyecto se ha servido de esta herramienta para determinar el estado de Valkyriz y en ocasiones como base de documentación.

Javier DIEZ (JDZ)

Sommaire [masquer]

1 Javier DIEZ (ECL'2022)
1.1 Informations générales
1.2 Poste
2 Versionnement
3 Livrables contributifs à l'EPSAbox
3.1 Livrables personnels

Javier DIEZ (ECL'2022) [modifier]

Informations générales [modifier]

- Élève-ingénieur de en double diplôme d'origine espagnole.
- Mon université d'origine est Universidad de Comillas-ICAI.
- Né à Valladolid (ESPAGNE) en 2002, j'ai fait mes études de la maternelle à la Terminale dans un Lycée Français.
- J'ai passé un Bac Scientifique, puis intégré l'école d'ingénieur ICAI. Ensuite j'ai postulé pour l'Ecole Centrale de Lyon pour y réaliser ma première et deuxième année.

Figura 3.17: Ejemplo de perfil EPSABox

3.8. Dificultades del programa 2023-2024

Para finalizar con la presentación del marco dónde se ha realizado el proyecto, puede ser relevante plasmar ciertas dificultades que ha padecido la escudería este año. Sin duda, esto ha impactado en cierta medida al desarrollo del proyecto y con consecuencias que se valorarán en la presentación de resultados y conclusiones.

El programa FS@ECL 2023-2024 está marcado por un malestar de los alumnos del EPSA con algunos miembros de los profesores encargados de tutelar el programa. Además este malestar se expandió también entre el propio profesorado encargados de la dirección del programa, que se mostraban en ocasiones enfrentados en el método de trabajo. Esto provocó una situación algo inusual en la escudería puesto que había un desfase entre lo exigido por las diferentes personas de la dirección. Tanto es así que hubo dos dimisiones de alumnos encargados de la dirección: Arthur Montier y Quentin Baladi.

Quentin Baladi demisionó en verano de 2023, dejando el puesto de Dirección de Operaciones a Amaury Blanqué, el cual no había sido formado para dicho puesto. El resultado de esto fue que no se realizaron formaciones de piloto a ningún miembro de la escudería y por consiguiente no se realizaron ningún ensayo de sistemas que se implementarían en Artemiz sobre Valkyriz. (Valkyriz se podría usar como vehículo de ensayo).

En cuanto a Arthur Montier, dimitió como Director Técnico en enero de 2024, dejando este puesto libre y sin substituto para mostrar su disnconformidad en como se estaban gestionando las cosas por parte de la escuela. Esto dejó al equipo en una situación crítica, puesto que perdió a la persona encargada de planificar, marcar los tiempos

de entregas y elegir el rumbo de las decisiones. A pesar de todas estas dificultades, se tomó la decisión de seguir con el programa y con el proyecto de esta memoria, aunque el trabajo fue más errático y caótico.

Capítulo 4

Punto de partida del proyecto

En este capítulo se presentará el estado inicial de los sistemas en los que se desarrolló el proyecto para poder entender y presentar los objetivos específicos del mismo.

4.1. El vehículo Valkyriz

El vehículo Valkyriz participó en el FS Switzerland a pesar de ser un vehículo que no rodaba. Los diferentes subsistemas de BASTIE eran por norma general funcionales, pero en algunos casos no conformes con el reglamento. Por ello la primera etapa que se realizó fue una reunión conjunta del departamento dónde se fue navegando subsistema por subsistema para ver en que elementos se estaba seguro de su conformidad o en cuales había que trabajar. El resultado de esta reunión para los elementos de este proyecto puede verse resumido en la Table 4.1, dónde se puede ver como ambos subsistemas (cableado y batería) funcionaban en Valkyriz pero no estaba clara su conformidad con el reglamento o había que clarificar su concepción.

BASTIE				
Sistema	**Funciona**	**Conforme**	**Comentario**	**Decisión**
Faisceau			Verificar señales, esquema incompleto y poco claro	Sintetizar todas las señales en un documento, Realizar esquema del vehículo y de subsistemas
Batterie LV			Verificar consumos y reglamento	Realizar documento con especificaciones, tomar decisión

Tabla 4.1: Extracto de la reunión del 17/10/2023 sobre los subsistemas de Valkyriz

De una forma más detallada, la batería de baja tensión elegida para Valkyriz era la

batería TYVA Moduloo A5+. Esta batería tiene una tensión nominal según su datasheet (Anejos, section A.2) de 12,8 V. Esta tensión es la adecuada para la alimentación de los diferentes subsistemas como tarjetas y sensores de Artemiz. Por eso esta batería se la calificó como funcional. Sin embargo, no existía ningún tipo de trazabilidad sobre su elección, ni tampoco la certeza de que estuviese en acuerdo con el reglamento del Formula Student. Por ello se tomó la decisión de realizar un resumen de los requisitos que tenía que cumplir la batería y de verificar si su capacidad era la suficiente para aguantar un tiempo de conducción razonable, es decir aguantar las diferentes pruebas dinámicas. Por otro lado, como ya se explicó en la section 3.1, Valkyriz no tenía integrado una batería de alta potencia. Como Artemiz sí que contaría con la integración de esta batería, se vio que la posición de la batería TYVA estaba en conflicto de espacio con la batería de alta potencia, por lo que se tenía que rediseñar el soporte y el lugar dónde se situaría la batería de baja tensión.

En cuanto al cableado, el de Valkyriz era funcional y alimentaba bien los diferentes subsistemas, pero no había un esquema del cableado que recogiese todas las señales y ni un documento resumen identificando las diferentes señales. Además había señales que ya no servían y otras que faltaban. Por tanto, se tomó la decisión de además de la integración del cableado de Artemiz, hacer un trabajo real de concepción previo. Esto ayudaría a las integraciones del cableado en futuros coches de la escudería.

4.2. Objetivos del proyecto

En consecuencia, una vez que se identificó el punto de partida de la batería y el cableado para el vehículo Artemiz y sabiendo los objetivos generales de la escudería se pueden determinar los objetivos que tiene este proyecto, y son :

- **Obtener una batería de baja tensión con una capacidad suficiente** para alimentar todos los subsistemas baja tensión y para que Artemiz pueda rodar el tiempo suficiente para hacer las pruebas estáticas
- **Obtener una integración completa del cableado, con un documento resumen y un esquema de todas las señales del coche** de tal forma que sirva de documento de referencia en caso de mantenimiento, reparación o para futuros vehículos.

Capítulo 5

Metodología

Este capituló presentará la organización temporal más detallada del proyecto, siempre en acorde con las pautas presentadas en section 3.6

5.1. Gestión temporal

Para distribuir el trabajo en el tiempo y ser capaces de identificar retrasos o dificultades aparece como necesario realizar un trabajo de gestión de proyecto. Esta etapa pasa por tres fases;

- Una etapa inicial en la que se identifican las tareas que se deben realizar y la subordinación de estas;
- Una segunda etapa en la que que se reflexiona sobre los recursos temporales necesarios para realizar dichas tareas;
- Y una última etapa en la que se cuadra temporalmente las tareas con su duración teniendo en cuenta las fechas y límites impuestos al proyecto y la disponibilidad de horas para concluir sobre la viabilidad de este e imponer un plan.

Este proceso se realizó a principios de año. Su resultado es el diagrama de Gantt que se puede ver en la Figure 5.1.

En este diagrama están diferenciados los trabajos realizados en los dos subsistemas de este proyecto: en azul, las tareas de la batería y en verde las tareas en el cableado.

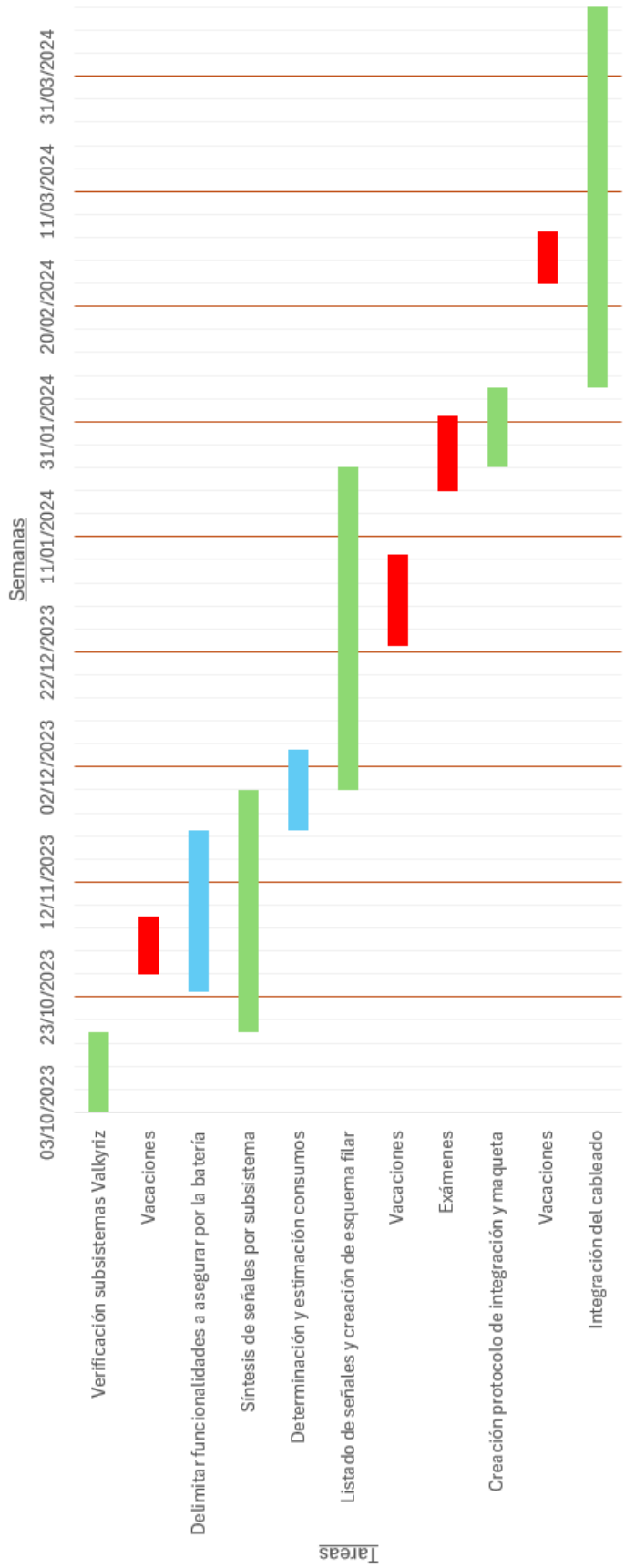


Figura 5.1: Diagrama de Gantt del proyecto

5.2. Herramientas

Este proyecto se realizó dentro de la escuela École Centrale de Lyon, específicamente en el **laboratorio de electrotecnia Ampère** [9]. Por ello, el proyecto dispuso de un gran número de aparatos de medida de corriente y tensión, así como de herramientas para manipular elementos electrónicos.

En cuanto al diseño de esquemas, se utilizó **draw.io** [10] de JGraph, por su fácil compatibilidad con Google Drive y fácil aprendizaje.

Figura 5.2: Logo de draw.io

Para todo lo que es diseño mecánico, el programa utilizado para todos los elementos en CAD de la maqueta se realizan en **Catia**[11], de Dassault Systems. La escudería usa este software por ser el que se imparte en los cursos de la escuela y por tener su licencia.

Figura 5.3: Logo del programa CAD Catia

Capítulo 6

Desarrollo del proyecto

En este capítulo se presentará el desarrollo del proyecto en ambos subsistemas. Se presentarán los resultados obtenidos, para posteriormente aportar una visión crítica respecto a los objetivos marcados. Se presentarán los resultados de forma cronológica, aunque la section 6.2 y section 6.3 se realizaron simultáneamente.

6.1. Informe de requisitos de la batería baja tensión

Como ya se ha explicado, la ausencia de trazabilidad en la elección de la batería dificulta el comprobar que ésta sea adecuada para el vehículo Artemiz. Por ello, antes de verificar de una forma más empírica si la batería TYVA Moduloo A5+ es idónea para Artemiz, se realizó un informe de requisitos de la batería. Este informe agrupa las necesidades y funciones que cubrirá este sistema en el vehículo, teniendo en cuenta el reglamento FS. El resultado de dicho documento se puede ver en la Figure 6.1. La realización de este informe podrá además servir de referencia para elegir si fuera necesario otra batería en futuros vehículos.

De este documento, los criterios que se deben comentar son los de capacidad, de potencia y de masa.

Para su capacidad, el criterio utilizado es que la batería de baja tensión sea capaz de alimentar al menos 1 hora los subsistemas electrónicos de BASTIE. Este tiempo mínimo se justifica porque es el tiempo estimado que se tarda en hacer todas las pruebas dinámicas. Hay que dimensionar la batería de baja tensión para que no haya que recargarla entre las diferentes pruebas dinámicas. La prueba dinámica más larga es la "Endurance"que suele durar alrededor de 20-30 minutos. Se elige 1 hora para tener un amplio margen.

Para su potencia, no se tenía valores de potencia que requieren los diferentes subsistemas (tarjetas, sensores, VCU...) en los que basarse, por lo que resultó necesario hacer una estimación de dicha potencia en base a mediciones de elementos que no se iban

Sistema:	BASTIE - Batería LV - JDZ						
	CDCF - Low Voltage Battery						
Función	**Sub-funciones**	**Criterio**	**Nivel**	**Unidad**	**Flexibilidad**	**Artículos del reglamento**	**Origen de la necesidad**
F1: Alimentar todos los subsistemas de BASTIE	F 1-1: Almacenar suficiente energía	Capacidad de la batería	1	horas	Superior		Rendimiento
	F 1-2: Permitir un número suficiente de cargas-descargas	Años de vida útil	8	años			Fiabilidad
	F 1-3: Ser capaz de suministrar la potencia necesaria para alimentar a todos los elementos de BASTIE	Potencia de la batería	???	W			Obligación
	F 1-4: La batería debe ser lo más ligera posible	Peso de la batería	10	kg			Rendimiento
F2: Ser fiable y segura	F 2-1: Funcionar en un cierto intervalo de temperatura	Temperatura de parada de funcionamiento	60	°C		EV 5.8.5	Fiabilidad y seguridad
		Tiempo admisible de temparatura excesiva	1	s		T 11.7.7	Reglamento
	F 2-2: Resistir al fuego	Presencia de una cubierta ignífuga	Sí	Binario	Ninguna	T 11.7.7	Reglamento
	F 2-3: Ser estanca	Pasar el rain test	Sí	Binario	Ninguna	IN 9.2	Fiabilidad, seguridad y reglamento
	F2-4: Ser sólida	Ser sólida y rígida				T 11.7.4	Seguridad
	F2-5: Poseer terminales no conectados a la masa aislada	Résistance entre ces terminaux et les autres	Infinita	Ohms		T 11.7.5	Seguridad
	F2-7: Poner el subsistema fuera de tensión rápidamente	Tiempo de apertura	500	ms		T 11.7.7	Seguridad
	F 2-8: Estar protegida contra los corto-circuitos	Distancia máxima de los bornes no puestos a tierra	100	mm		T 11.7.6	Reglamento
	F 2-9: Proteger contra las tensiones anormales	Tiempo autorizado de sub/sobre tensión previo a la apertura del circuito	500	ms		T 11.7.7	Reglamento
	F 2-11: Incluir una protección contra el sobrecalentamiento	Porcentaje de células implicadas	30	%		T 11.7.7	Reglamento
F3: Comunicar con el exterior	F 3-1: Conectarse con un ordenador	Conexión con un ordenador	Sí	Binario		T 11.7.7	Reglamento
	F 3-2: Comunicar su estado	Dar la temperatura y tensión de las células	Sí	Binario		T 11.7.7	Reglamento

Figura 6.1: Informe de requisitos de la batería

a cambiar respecto de Valkyriz o de las indicaciones de los datasheets. Esta etapa se detalla en section 6.3.

Por último, el criterio de una masa inferior a 10 kg se justifica por ser bastante bajo frente a la masa total de Artemiz (que rondará los 200 kg) pero lo suficientemente alta para abarcar una gran parte de las baterías del mercado.

Es importante destacar que como ya se tenía la batería comprada, el criterio sobre el precio de la batería no se tuvo en cuenta por no ser un problema. En el caso de que la batería no fuese adecuada para Artemiz, sí que sería necesario incluir dicho criterio teniendo en cuenta el presupuesto del departamento.

De este modo, el siguiente trabajo fue el de verificar que la batería TYVA respetaba estos requisitos. El datasheet de la batería TYVA puede encontrarse en Anejos, section A.2. Esta batería es de tipo $LiFePO_4$, con un peso aproximativo de 5 kg. Como se puede leer en el FS Rules en la T11.7.7, los funcionalidades F2.2, F2.3, F2.7, F2.9, F2.11 y la F3 no tienen porque ser cumplidas. Aún así, la batería estará protegida contra las sobretensiones y posibles corto-circuitos en la medida en que se instalará una caja de fusibles en el haz eléctrico del coche. Además, la batería consta de un modelo integrado de Battery Management System (BMS) : PCM 4S 60 A que permitirá controlar la temperatura de las células y asegurará una protección contra el sobrecalentamiento y trabajar en su rango de temperaturas nominales, es decir -20ºC a 60ºC.

En cuanto a los requisitos mecánicos, la batería TYVA tiene un peso aproximado de 5 kg, y por tanto cumple sobradamente el requisito de peso. Para los requisitos de solidez y protección, la batería TYVA tiene una protección de tipo IP65. Esta protección está de acuerdo con el estándar IEC 60529 - Ïngress Protection"[12] . Un resumen de la codificación de esta norma se puede ver en la Figure 6.2.

Figura 6.2: Resumen de la codificación IP

La batería TYVA es por tanto sólida (F2 -4), resistente al polvo con el mayor grado posible y protegida contra chorros de agua, por tanto a protegida a adversidades como la lluvia (F2-3).

Finalmente, el requisito que queda por verificar es el de capacidad de energía. Este trabajo requiere conocer los diferentes elementos que alimentará la batería y necesita, en consecuencia, conocer sus respectivos consumos. Este trabajo se detallará en la section 6.3, una vez que se hayan identificado todas las señales de Artemiz.

6.2. Identificación de señales por subsistemas

La segunda etapa del proyecto consistió en sintetizar todas las señales que iban a alimentarse en baja tensión en un único documento. Para este trabajo, se aisló cada subsistema y determinó que señales le afectaban.

Para determinar las diferentes señales, o bien se miraba directamente en el vehículo Valkyriz para aquellos subsistemas que no cambiaban o cuyos subsistemas no veían sus señales de entrada y salida alterados, o bien se preguntaba a la persona del departamento BASTIE encargada de dicho subsistema que nuevas señales que se necesitaba implementar. El resultado de este proceso es un documento en el que cada subsistema tiene sus señales correctamente nombradas y asociadas a un pin de dicho subsistema. Un ejemplo de subsistema sencillo, el Front Right Wheel Speed Sensor (FRWS) puede verse en la Figure 6.3. A este subsistema le llegán alimentación de 12 V (con su respectiva tierra) y la señal, "FRWS Value"que se transmite al VCU. El resto de señales por subsistema se puede ver en Anejos, section A.3.

FR Wheel Speed Sensor		
Signal	Connecteur	Numéro pin
12V Front	AMP SuperSeal 3 Contacts	A
GND FRWS		B
FRWS Value		C

Figura 6.3: Señales del subsistema FRWS

En este documento se incluyó posteriormente los conectores que se iban a utilizar en la implementación. Estos conectores ya los tenía la escudería en stock y fueron reutilizados. Lo único que se asignó fueron los pins. El datasheet de los conectores Souriau (utilizados para las tarjetas electrónicas) pueden verse en Anejos, section A.4. Estos conectores ya no están disponibles en el mercado o son díficiles de encontrar, por lo que para próximos vehículos la escudería deberá pensar en buscarlos unos sustitutos.

6.3. Estimación de consumos

Sabiendo qué señales estarán en el vehículo, se debe volver a la verificación de la conformidad de la batería. Como ya se ha indicado, el requisito fundamental de la batería que no estaba verificado era que fuese capaz de tener una autonomía suficiente para alimentar correctamente los diferentes subsistemas. Para verificarlo, se hace necesario hacer una medición o estimación de los consumos de los diferentes elementos del departamento.

Para realizar esta estimación, se consideró el caso más conservativo posible. Esto corresponde a que todos los subsistemas funcionen a la vez consumiendo su máximo de potencia y que los botones que permiten paso de corrientes estén pulsados (algo que nunca pasará en la realidad). Esto se justifica para sobrestimar la potencia consumida ya que había ciertos elementos que resulta muy difícil o imposible estimar o medir la corriente que consumirá. Dichos elementos se les consideró como consumos bajos y no se les tuvo en cuenta en esta estimación de consumo.

Los resultados de esta estimación se puede ver en la Figure 6.4.

		Tension LV	13,1	11,2	
Sistema	**Tensión max (V)**	**Tensión Min (V)**	**Consumo max (mA)**	**Consumo min (mA)**	
Pump			7500	3500	
FLWS	24	5	25	10	
FRWS	24	5	25	10	
RLWS	24	5	25	10	
RRWS	24	5	25	10	
FBPS	32	10	10	10	
RBPS	32	10	10	10	
APPS1	40	0	16,375	0	
APPS2	40	0	16,375	0	
BOTS			26	22	0,5 Ohm
Inertia Switch					
Dashboard			1247	1209	
RSB			13	11	1 Ohm
LSB			13	11	1 Ohm
IMD & AMS Reset Button	36	0	13	11	1 Ohm
VCU	32	9	Dépend de la charge	1	
Buzzer	16	3	8	8	
PCBs			500	500	
Battery			2461	2000	
TSMS			26	22	0,5 Ohm
LVMS			26	22	0,5 Ohm
Brake Light			140	140	
Super Bright LED Red	30	10	2000	2000	
Super Bright LED Green	30	10	2000	2000	
Inverter			300	300	
TS Box			1373	778	
Total			17798,75	12595	

Figura 6.4: Resultados de los consumos por subsistema y circuito

Se detallaron además los consumos del panel de control (Figure 6.5), de la TSBox (Figure 6.6) y de la batería de alta potencia (Figure 6.7). La corrientes de cada subsistema se encuentran en la primera fila de los encuadres (por ejemplo, para el panel de control-Dashbaord son 1247 mA y 1209 mA máxima y mínima respectivamente). Se creyó conveniente añadir a la estimación las corrientes mínimas de los componentes a modo de comparación.

Dashboard					
			1247	1209	
Composant	V max	V min	mA max	mA min	
Ecran	5	5	1000	1000	
Kill Switch			26	22	0,5 Ohm
Interrupteur 2 position			26	22	0,5 Ohm
Interrupteur 2 position			26	22	0,5 Ohm
Interrupteur 3 positions			26	22	0,5 Ohm
Poussoir			26	22	0,5 Ohm
Poussoir			26	22	0,5 Ohm
Poussoir LED			13	11	1 Ohm
LED			26	22	0,5 Ohm
LED			26	22	0,5 Ohm
LED			26	22	0,5 Ohm

Figura 6.5: Detalle de los consumos del panel de control

TSBOX					
	5	12	1373	778	
Composant	V max	V min	mA max	mA min	
Relais décharge	16	8	461	0	26Ohm
Capteur de courant	5	5	20	15	
Data Logger	60	12	892	763	10W max

Figura 6.6: Detalle de los consumos de los elementos de la TSBox

Batterie HV					
			2461	2000	
Composant	V max	V min	A max	A min	
AIR+			1000	1000	
AIR-			1000	1000	
Precharge	16	8	461	0	26 Ohm

Figura 6.7: Detalle de las señales baja tensión de la batería de alta potencia (High Voltage)

La forma de obtención de estos valores difiere según el subsistema. Para los sensores y elementos que se tenía su datasheet, se utilizó la corriente máxima del componente. Para los elementos en los que se hacía muy complicado estimar esa corriente, se realizaron medidas directamente en el vehículo Valkyriz. Este trabajo de medición se realizó principalmente para las corrientes de las tarjetas electrónicas. Se hizo un test en Valkyriz con la tarjeta BSPD, TSAL, AMS e IMD Reset conectadas y funcionando. El resultado del test se puede ver en Figure 6.8 y aparece en la línea de PCB's en Figure 6.4. Cabe destacar que algunas de estas tarjetas sufrirán cambios de concepción en Artemiz con respecto a Valkyriz, pero los posibles cambios en sus consumos no se consideraron muy

relevantes.

Test	500 mA
BSPD branché	
AMS & IMD Reset Branché	
TSAL branché	

Figura 6.8: Test de las tarjetas electrónicas

Para los botones, se midió su resistencia cuando están dejando pasar corriente. Son los valores de resistencia que aparecen fuera de los encuadres de las figuras de la Figure 6.4. Siempre con el mismo criterio conservador, se usó la tensión máxima a la que podían ser alimentados (la de la batería, que se ve en la primera fila de la Figure 6.4) y se dedujo la corriente máxima de los circuitos dónde se encuentran.

Una vez todos los consumos de corriente estimados, el resultado del cálculo de autonomía de la batería se puede ver en la figura Figure 6.9.

Corriente total (A)	17,79875
Cpacidad batería (Ah)	40
Autonomía (h)	2,247348831
	2h15 mins

Figura 6.9: Resultados de la autonomía de la batería

Como se puede observar, este tiempo de más de dos horas de autonomía cumple sobradamente con lo establecido en la Figure 6.1. Además hay que recordar que los cálculos se han realizado en un escenario altamente conservador por lo que la autonomía real de Artemiz con la batería TYVA será mayor. Esto nos permite concluir que la batería escogida, es decir la batería TYVA Moduloo A5+ **es adecuada** para el vehículo Artemiz.

6.4. Cambio en la posición de la batería

Tomada la decisión de que la batería TYVA estará en el vehículo Artemiz, por razones de conflicto de espacio con la batería de alta potencia (que no estaba en Valkyriz), se cambió su posición en el vehículo. El lugar que ocupaba en Valkyriz ya no estaba disponible y se decidió ponerla en un lugar más cercano al suelo (que además mejorará las prestaciones del vehículo). De esta forma, el soporte de la batería de Valkyriz estaba

obsoleto por lo que se diseñó un nuevo soporte. Este diseño se realizó en CAD a través del programa CATIA. Una vista en 3D del diseño de dicho soporte puede verse en la Figure 6.10.

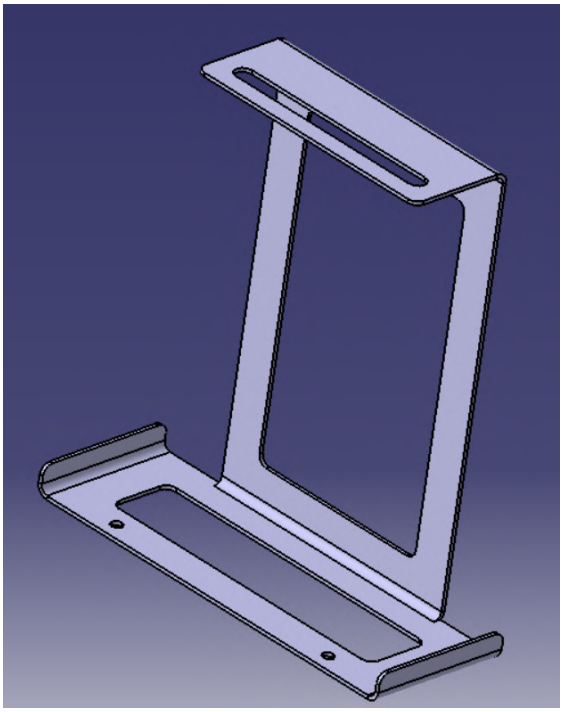


Figura 6.10: Vista en 3D del diseño del soporte

Este soporte será luego integrado por el departamento CHASEA en la maqueta de Artemiz. La producción de este elemento lo realizó la escuela colaboradora con el proyecto La Mâche [13]. El plano del soporte se puede ver en la Part II. El material utilizado para esta pieza es una aleación de aluminio con zinc, el Alumimnium 7075-T6 (entre 5 y 6 %). Al no tener restricciones de desplazamiento y estrés por reglamento o valores para realizar un estudio de la pieza, la elección de esta aleación se justifica por la coherencia con el resto de elementos producidos por esta escuela. Esta aleación es bastante correcta para un coche de competición por su alto ratio resistencia/densidad. Una justificación más profunda de la elección de este material se sale de los límites de este proyecto.

6.5. Numeración y dimensionamiento del cableado

Con todas las señales ya identificadas y nombradas, el siguiente paso consistió en preparar la integración. Se consideró pertinente entonces realizar un documento de referencia con todas las señales del vehículo. Este documento tiene una función doble:

por un lado prepara y facilita la integración y por otro lado permite tener una traza escrita de las señales que iba a tener Artemiz (consultable en caso de fallos y para futuros mantenimientos).

Además en este documento también se dimensionó la sección de cable para cada señal. Este dimensionamiento no fue exhaustivo, pero si se realizaron unos cálculos de intensidad y caída de tensión para tener una orden de magnitud y poder escoger la sección de cable idónea. Esta sección se determinó en American Wire Gauge (AWG). El criterio de dimensionamiento fue evitar una caída de tensión inferior al 3 %. Siendo el sistema de 12 V principalmente, este porcentaje es suficiente para mantener la robustez de las señales. Las secciones seleccionadas son en AWG: 16, 18, 20 y 22. La justificación de estos cálculos puede verse en Anejos, section A.5

Por otro lado, se eligió los colores de cable para cada señal. En la Figure 6.11 pueden verse los colores utilizados según el tipo de señal. El color naranja no está presente en ninguna señal por estar reservado por reglamento al ”Tractive System”, es decir a las conexiones de la batería de alta potencia que alimentan al motor. Las señales que

Code couleur	
12 V (alimentation)	Rouge
GND	Noir
5 V (alimentation)	Blanc
SC (Shotdown Circuit)	Bleu
CAN H	Jaune
CAN L	Bleu
Sensors output	Vert

Figura 6.11: Código de colores según el tipo de señal y colores disponibles

no eran de ningún tipo de señal recogida en la tabla de la Figure 6.11, se pusieron colores arbitrariamente, intentando no poner los mismos colores en señales que salen del mismo subsistema. Esto mejorará identificarlos en el vehículo. Se intentaba también usar colores fáciles de encontrar en el mercado.

Por último, en la creación de este documento de referencia se determinó también la distancia del cable de cada señal. Como la mayoría de elementos (excepto la batería y el VCU bis) iban a tener la misma posición en Artemiz que en Valkyriz, se midieron las distancias entre los subsistemas directamente en Valkyriz. El resultado de esta medición se puede observar en la Figure 6.16. Estas distancias son aproximadas, pero servían ya para hacerse una idea de las longitudes de cables necesarias y poder hacer pedidos en caso de no haber suficiente stock.

En resumen, este documento presenta para cada señal las dos extremidades que une, su color, un número para poder identificarla, la longitud aproximada del cable y su

sección de cable. También se añadieron una columna de para ver el estado de su implementación y verificación, y una columna de comentario, dónde se anotará la longitud final del cable dentro de la maqueta de integración (ver Protocolo en section 6.7). El documento referencia puede verse en Anejos, section A.6.

6.6. Creación esquema global

Para tener una mejor visión de cómo quedaría el cableado en Artemiz, se realizó un esquema global de éste. Se intentó que quedará lo más claro posible y se diferenciaron los tipos de señales. El resultado puede verse en la Figure 6.17. En este esquema se añade el llamado "Firewall". Este "Firewall.[es] una barrera física para proteger al piloto de las partes susceptibles de explotar o inflamarse (motor y batería de alta potencia). El Firewall lo impone el reglamento y su concepción traspasa los límites de este proyecto. Sin embargo, hay que mencionar que el subsistema FW realmente no existe, sino que es un conector para pasar las señales al otro lado del FW.

6.7. Integración

El objetivo último de esta etapa es tener el cableado funcional y verificado en el vehículo Artemiz. Esta integración se divide por etapas.

La primera etapa en la integración del cableado fue la creación de un protocolo de integración. Este protocolo se podrá usar de base para futuras generaciones y marca unos pasos para automatizar el proceso.

Protocolo de Integración

- **Integración del cableado en la maqueta del vehículo:** hay que integrar en la maqueta CAD del vehículo Artemiz los diferentes subsistemas, para aumentar la precisión en las distancias ya aproximadas en section 6.5 entre éstos dentro del vehículo.

- **Creación de maqueta de madera:** recreación de las distancias del coche en un tablón de madera gracias a los valores que arroja la maqueta CAD. Cada subsistema se representa con un clavo a la distancia que estará en el vehículo y más o menos en la misma posición en la que se encontrará (la maqueta de madera es en 2D por lo que no tiene en cuenta los desniveles). Usar pegatinas o marcar cada subsistema con su correspondiente nombre con algo que no estropee y marque el tablón (para poder reutilizarla). Poner clavos auxiliares entre subsistemas a grandes distancias o giros que ayudarán a guiar los cables.

- **Integración:** Para cada señal:

- Se coge la bobina de cable correspondiente (sección y color) y se ve dentro de la maqueta de madera la longitud que tendrá el cable. Se corta dicho cable añadiendo a su longitud unos 20 cm. Se mide el cable y se anota en la columna "Remarques" (= Comentario). Este sobre dimensionamiento se explica para no tener problemas luego a la hora de conectar los cables a los conectores.
- Se pone a unos a 10 cm de ambas extremidades el número de señal correspondiente con ayuda de cinta de carrocero, subrayándolo en caso de que el número fuese reversible.
- Se implementa en la maqueta, pasando el cable por los clavos y poniendo un trozo de cinta americana para sujetarlo en cada extremidad (subsistema). Este trozo de cinta americana servirá para agrupar y sujetar mecánicamente los cables que lleguen al subsistema. Al llegar varias señales a los diferentes subsistemas, el trozo de cinta americana puede perder su pegamento, por lo que habrá que cambiarle regularmente.
- Apuntar la señal en el documento de referencia como realizada (columna "Fait").
- Para las señales del tipo CAN hay que además trenzar los cables.

- **Verificación:** Cuando se haya hecho un número considerable de señales, se realiza una etapa de verificación, tachando la casilla verificada.

- **Arreglos:** Debido al gran número de señales, se recomienda agrupar ciertos cables con bridas. Un ejemplo de subsistema, con todas las etapas descritas anteriormente ya realizadas puede verse en la Figure 6.14.

- **Bifurcación de cables:** Las señales en los que los cables se bifurquen y se dividan en dos o más cables, se recomienda realizar esta bifurcación en zonas lo más alejadas posible de nudos o extremidades. Para realizar esta bifurcación, primeramente, se juntarán los cables con cinta americana o de carrocero para sujetarlos. Cuando haya un número considerable de bifurcaciones, se pasará a realizar un "empalme soldado" Un ejemplo de esta señal es 7.0 y 7.1, la señal GND Inverter.

  Empalmes soldados

  Este tipo de empalme permite mantener los posibles esfuerzos a los que va a estar sometido el cable, sin tener muchas pérdidas de conductividad.

  Esta soldadura se realizó con estaño, por ser un material que funde rápido y permite una buena resistencia mecánica. La soldadura puede verse en Figure 6.12.

Figura 6.12: Soldadura de estaño

Para rematar la soldadura se insertaba una protección termodeformable que se contraía y pegaba al cable con calor. Un ejemplo de este empalme ya acabado se puede en ver en Figure 6.13.

- **Confirmación de longitudes:** Cuando se disponga del chasis, se trasladan todas las señales al vehículo para confirmar o actualizar las longitudes de cable.
- **Recubrimiento con fundas**: El cableado vuelve al tablón de madera para proceder a la instalación de la funda de protección. Esta funda será de plástico.
- **Instalación de conectores**: Tras implementar las fundas, se añaden los diferentes conectores utilizando celo de aluminio
- **Instalación en el vehículo**: Con el cableado ya finalizado, se pasa el conjunto al vehículo, conectando la protección a la masa del vehículo
- **Verificación**: Finalmente se verifica la correcta instalación del cableado, añadiendo cinta americana en los lugares que hayan quedado algo débiles.

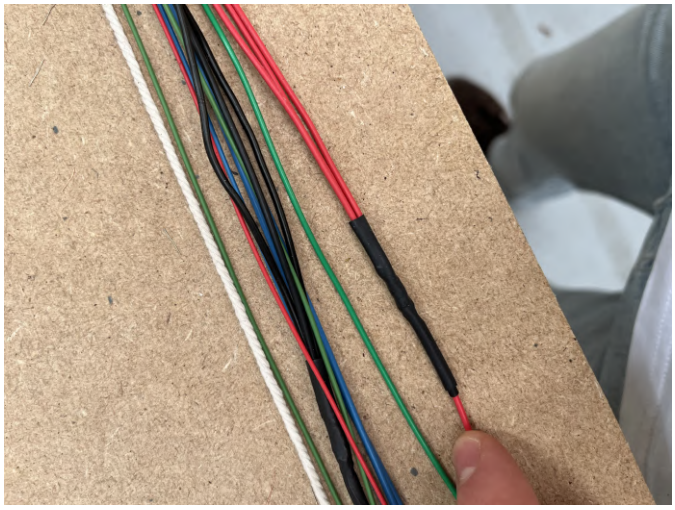


Figura 6.13: Empalme acabado

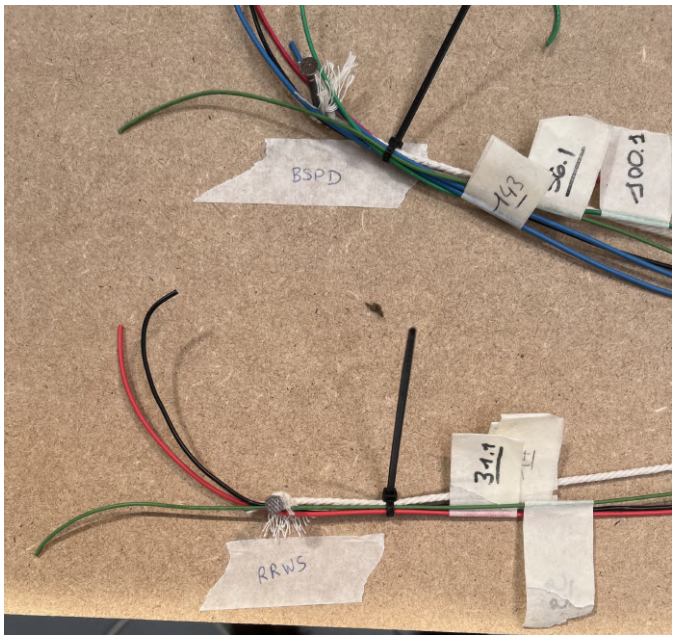


Figura 6.14: Subsistema RRWS con todas sus señales ya realizadas

6.8. Estado de integración del cableado

El estado de integración cuando finalizó este proyecto es la integración en la maqueta 2D de madera de los 201 existentes en Artemiz. Cada señal tiene el cable definitivo que estará en el coche, con su numeración y color. Además están realizados todos los

empalmes de bifurcación. La Figure 6.15 muestra la situación final del proyecto.

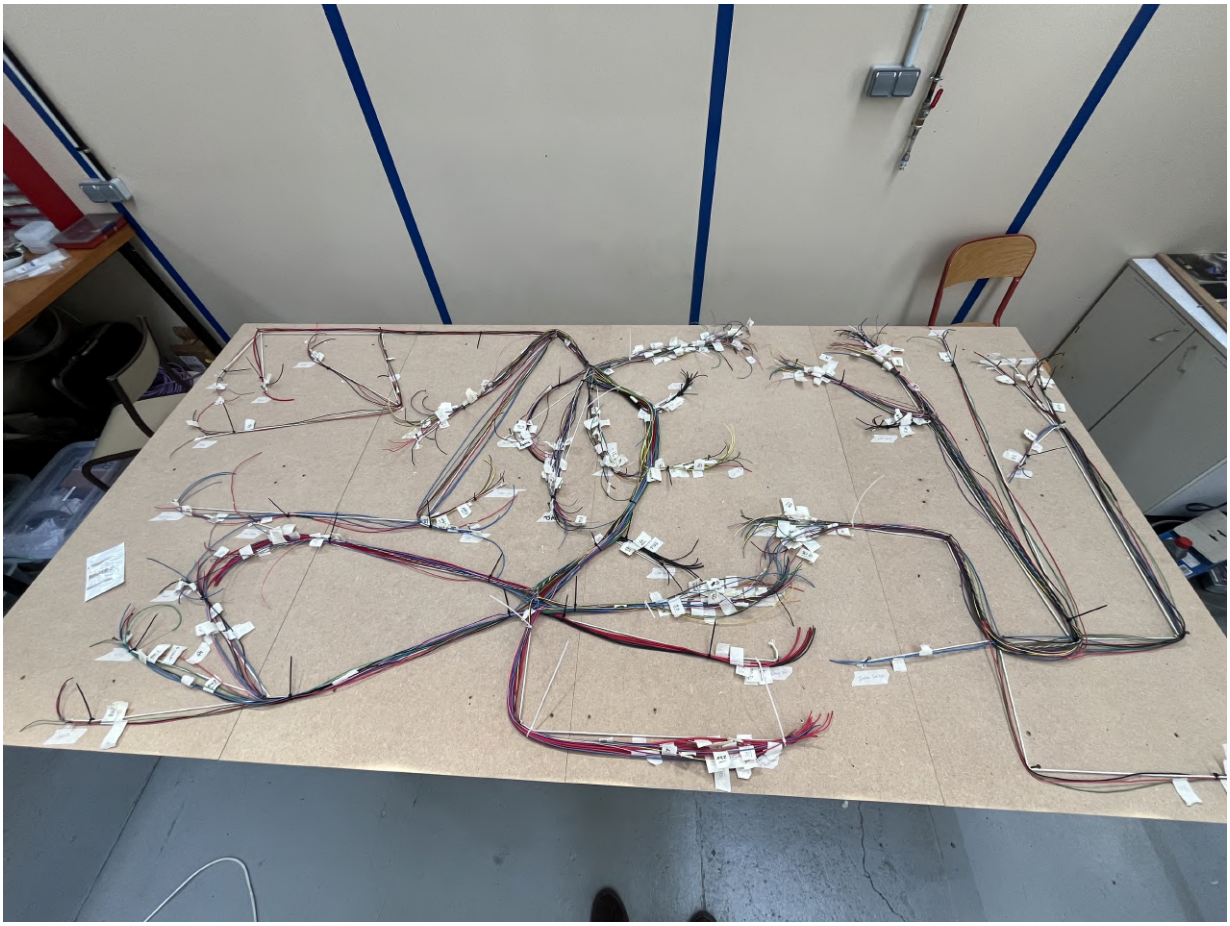


Figura 6.15: Estado de integración al final del proyecto

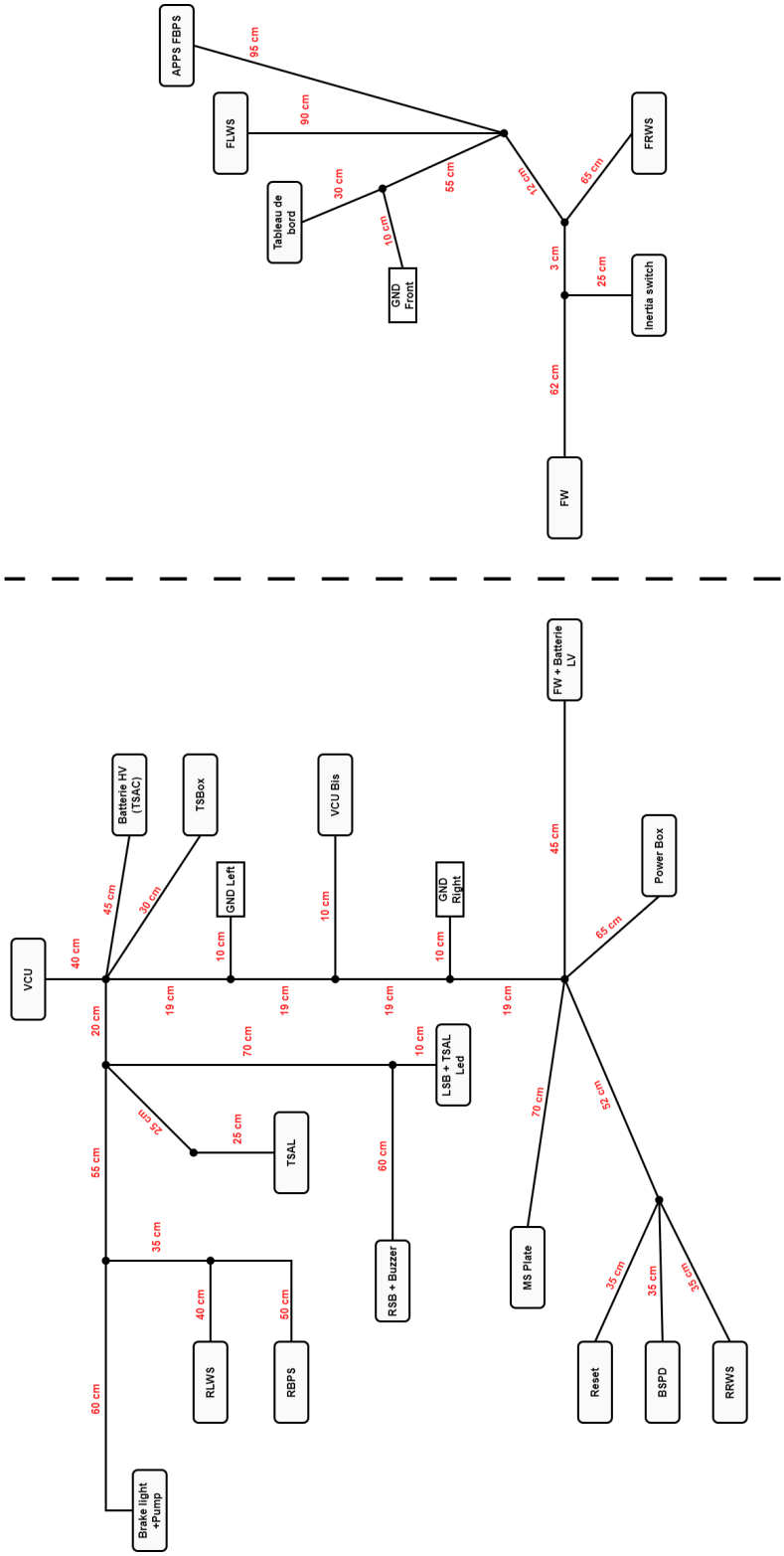


Figura 6.16: Esquema de las longitudes entre subsistemas

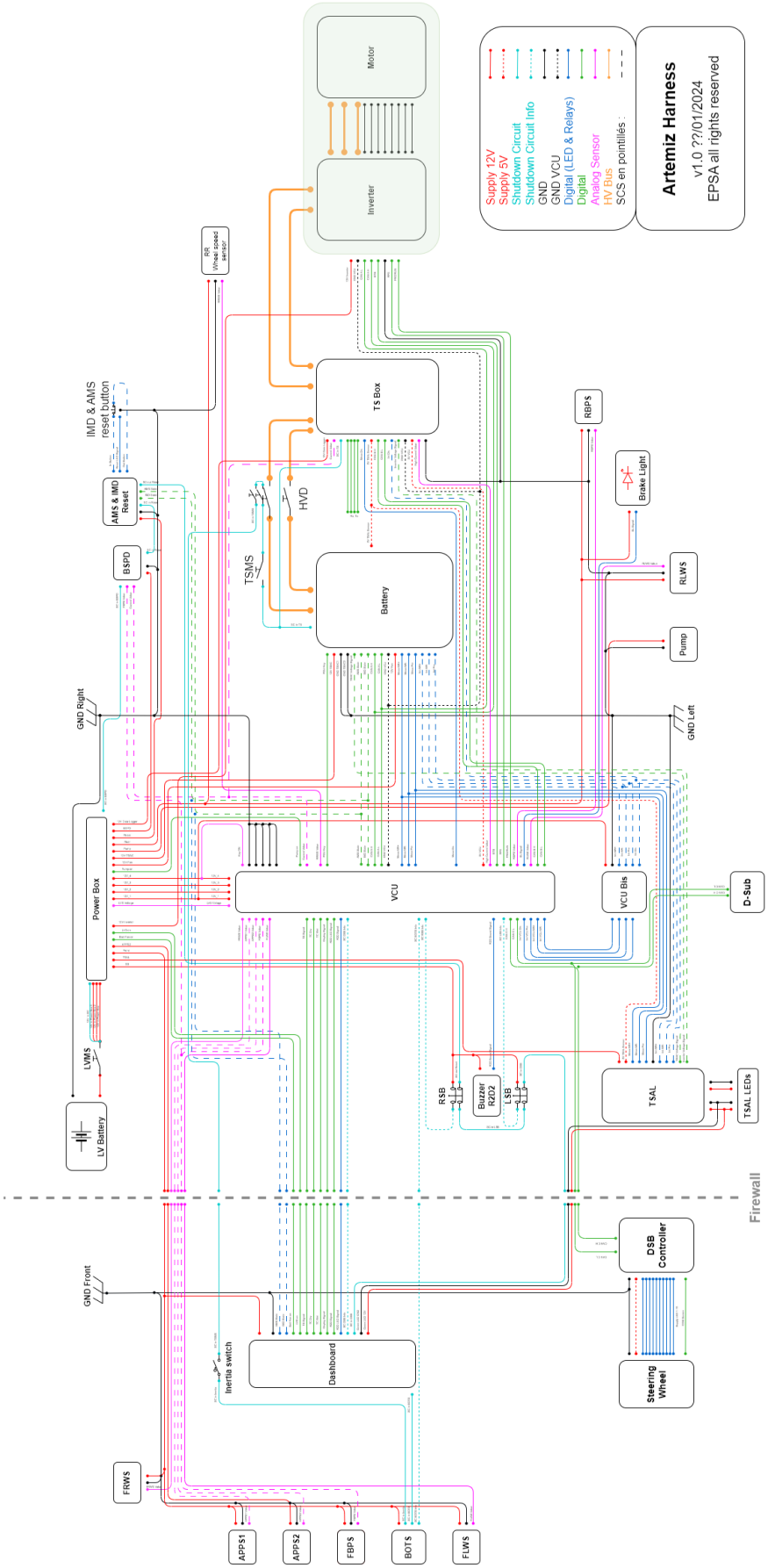


Figura 6.17: Esquema global del cableado del vehículo Artemiz

Capítulo 7

Aspectos económicos

En este capítulo se va a presentar de forma breve ciertos aspectos económicos del proyecto. Este proyecto, no incluye un estudio de económico ni de viabilidad ya que dentro del programa FS@ECL2024 ya existía una persona encargada de la dirección financiera. Es por esto que este capítulo presentará de forma general los gastos de Artemiz, centrándose en los relativos al proyecto.

7.1. Coste de Artemiz

Lo primero que hay que recordar es que muchos elementos de Artemiz se han reutilizados y vienen del vehículo Valkyriz. Es por esto que los gastos del programa FS@ECL2024 en el vehículo Artemiz es más bajo en comparación con otros años (que solían rondar los 80 000 €). Los gastos del vehículo Artemiz son de 25 144 € aproximadamente. En la Figure 7.1, se puede ver los gastos en el vehículo por departamento.

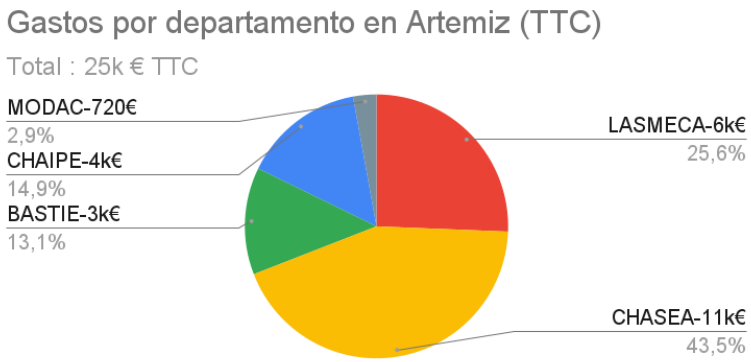


Figura 7.1: Gastos por departamento en Artemiz (TTC)

El departamento BASTIE, representa un 13.1 % del total del vehículo, con un gasto de 3 301 €.

En Anejos, section A.7 se puede ver una tabla con el conjunto de gastos que ha tenido el coche por departamento. En lo referente al proyecto, los gastos que podrían incluirse en él son los cables de baja tensión. Como ya se ha dicho, la mayoría de elementos la escudería los tenía en stock.

Capítulo 8

Conclusión

Este último capítulo proporcionará una evaluación general del proyecto y revisará los aprendizajes clave obtenidos durante su ejecución.

Primeramente, para evaluar el resultado del proyecto, es crucial considerar los objetivos establecidos inicialmente. El principal objetivo del programa era participar en al menos un evento Formula Student con un vehículo eléctrico funcional, además de mejorar el conocimiento de la escudería mediante la creación de documentación útil para futuras generaciones.

Como se ha podido presentar, el primer objetivo se logró de manera parcialmente satisfactoria. Aunque hubo dificultades con la integración completa del cableado, se logró una integración inicial en la maqueta dentro de los plazos establecidos. Sin embargo, la integración final se vio obstaculizada por retrasos en la entrega del chasis por parte de las escuelas colaboradoras, que no estuvieron bajo el control del proyecto. Se consiguió además comprobar la funcionalidad de la batería cumpliendo con el reglamento. A pesar de estos logros, se pueden identificar áreas para mejorar, como profundizar en la comunicación CAN para una transmisión más robusta de señales, menos susceptible a interferencias electromagnéticas y a la pérdida de señal a largas distancias.

No obstante, persisten desafíos significativos con respecto a la participación en eventos Formula Student. El departamento MODAC enfrentó múltiples problemas en el desarrollo de una batería de alta potencia, complicados por la complejidad de la producción interna y los desafíos de seguridad asociados con la externalización. La renuncia de Arthur Montier y los problemas mencionados anteriormente (ver section 3.8) han resultado en que, a julio de 2024, Artemiz carezca de una batería de alta potencia completamente funcional y aún no ruede. Esta situación plantea dudas sobre la participación en los eventos Formula Student para los cuales se clasificó en enero de 2024, incluidos el Formula Student Switzerland [14] y el prestigioso Formula Student Germany. Sería una pena que la escudería no participase en dichos Formula Student, sobre todo en el alemán, ya que la permitiría ganar en prestigio y conocimento por tener la posibilidad

de conversar con las mejores escuderías y jueces de Europa. Sin embargo, sin batería parece difícil y se podría emplear estos meses al desarrollo de esta.

En cuanto al segundo objetivo, el proyecto ha tenido éxito. Se han establecido indicadores claros de este éxito, como la trazabilidad en la selección de la batería, un cableado bien documentado y un protocolo de integración en desarrollo. Aunque este último requiere mayor detalle en las etapas finales, las directrices principales están completas.

Personalmente, es importante señalar que la motivación hacia el proyecto disminuyó gradualmente, influenciada por las dificultades internas dentro de la escudería y la falta de un programa estructurado para la formación de nuevos miembros que entran en segundo año, a diferencia de los estudiantes de primer año que sí que benefician de dichas formaciones. Esta falta de integración dificultó la comprensión de los objetivos y la dinámica de trabajo dentro la escudería.

A pesar de los desafíos enfrentados, la realización de este proyecto ha aportado valiosos conocimientos en gestión de proyectos e ingeniería práctica. En términos de aprendizajes técnicos, destaca la introducción al mundo del motorsport, el uso del software CATIA y la experiencia en soldaduras para la bifurcación de señales.

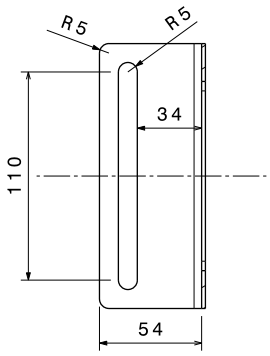
Parte II

Documento 2. Planos

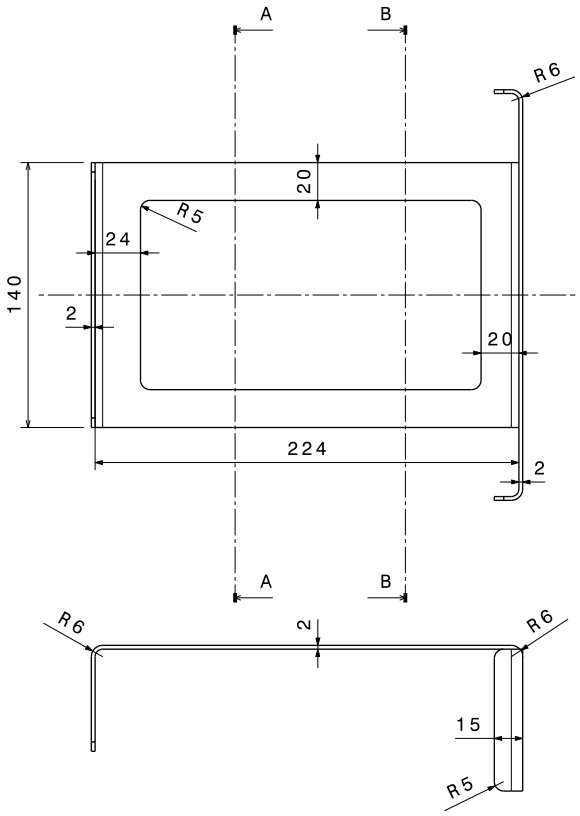
Capítulo 9

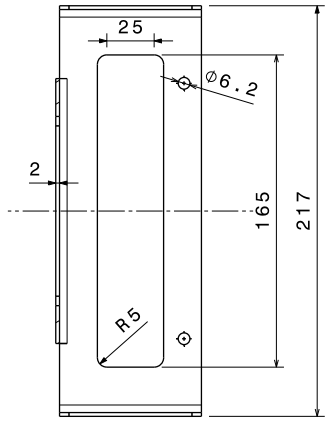
Planos de piezas

9.1. Plano del soporte de la batería baja tensión

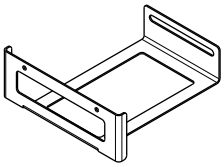


Sección A-A





Sección B-B



Vista Isométrica
Scale: 1:5

Taille A3		Ecurie Piston Sport Auto
Dessiné par Javier Díez	Date 15/01/2024	Désignation LV Battery Support
Coordonnées +34 717714149 javier.diez@ecl22.ec-lyon.fr		Quantité 1 / Matériau Aluminium 7075 T6 / Version 3
Plan vérifié par Antoine Petit		Echelle 1:2 / Numéro du plan EL_03003 / Feuille 1/1

Apéndice A

Anejos

A.1. Anejo - Formula Student Rules

Reglas de Formula Student 2024 descargables aquí.

A.2. Anejo-Datasheet batería TYVA Mouduloo A5+

OFFRE COMMERCIALE

EPSA	**Date :** 21/11/2021
M. Baizeau	**Numéro de devis :** 5521AJ
valentin.baizeau@ecl20.ec-lyon.fr	**Période de validité :** 1 mois
07 71 63 54 74	**Contact commercial : M. Janin Aurélien**
	Email : aj@tyva-energie.com

Présentation de TYVA Energie

« Le monde est fait de contradictions. L'écologie est un des enjeux majeurs du XXIe siècle, mais l'innovation technologique, le besoin de mobilité et de puissance des applications sont tout aussi importants.

Chez TYVA Energie, nous sommes convaincus qu'écologie peut rimer avec stockage d'énergie grâce à l'ingéniosité de nos solutions modulaires et sur-mesure. »

Fabrication française et éco-maîtrisée

De la R&D à la production en passant par le code, nos **batteries lithium sont 100% ardéchoises depuis notre création en 2013**. Quant à l'approvisionnement de composants, **nous favorisons l'économie circulaire** en choisissant des prestataires situés à moins de 90 minutes de notre siège social situé à Annonay.

Cette maîtrise de toute la chaîne de conception et fabrication nous permet de vous proposer **des batteries lithium d'une qualité et sécurité irréprochables**. Sécurité et maîtrise renforcées grâce à nos **outils digitaux de monitoring des batteries**.

Batteries lithium éco-conçues

Toutes nos gammes intègrent la **technologie brevetée de changement de cellules TYVA Refill** avec des éléments au format 18650 interchangeables. Tous les autres composants peuvent ainsi être réutilisés et **augmenter de fait la durée de vie de votre batterie**.

TYVA Energie préserve l'environnement et **diminue au maximum l'empreinte carbone des batteries lithium** en mettant l'accent sur **la revalorisation et le recyclage des cellules**, notamment grâce à l'utilisation de la chimie NMC. En effet, une fois les cellules arrivées en fin de vie, elles peuvent être recyclés pour permettre la réutilisation des matériaux et revalorisés dans la fabrication de nouvelles cellules.

Solutions innovantes, compactes et modulaires

Les modules de la gamme TYVA Moduloo permettent **la construction rapide et économique de batteries lithium dans les 3 dimensions**. Cette flexibilité permet de réaliser des assemblages en série et/ou en parallèle de 3,7 V à 810 V, **sans frais de développement ni de certifications**.

Grâce à nos batteries compactes, modulaires et sur-mesure, nous pouvons répondre aux **besoins d'intégrations complexes dans de nouveaux systèmes ou bien des systèmes existants**.

Maîtrise du budget et du planning

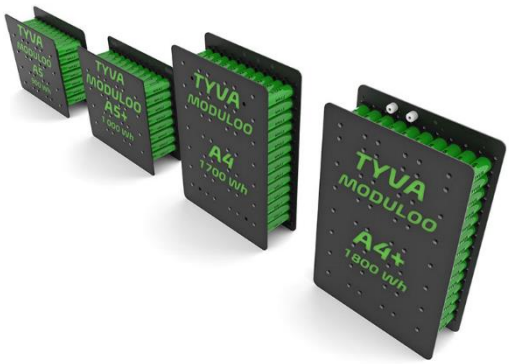
TYVA Energie propose **les batteries les plus légères du marché tout en intégrant une densité énergétique exceptionnelle** allant jusqu'à 245 Wh/kg. Vous gagnez en autonomie et faites donc des économies d'énergie.

Par ailleurs, nos systèmes modulaires uniques permettent de vous proposer des **batteries lithium dans un délai réduit et à un coût ultra compétitif**. Vous faites également des économies grâce au reconditionnement des batteries, vous payez en effet uniquement le coût des cellules neuves lorsqu'elles arrivent en fin de vie.

Présentation de la technologie proposée – Moduloo Ax

- ✓ Plateforme modulaire pour cellules 18650,
- ✓ Format des modules : standards en A4, A5, A5+ et A4+ et version spécifique sur demande avec faible NRE,
- ✓ Tension des modules : 3,6 à 50,4 V,
- ✓ Capacité des modules : 15 à 490 Ah,
- ✓ Mise en série limitée à 800 V et parallèle non limitée,
- ✓ Densité énergétique très élevée : 245 Wh/Kg avec technologie NMC,
- ✓ Possibilité de changement des cellules grâce à la technologie brevetée TYVA Refill,
- ✓ Connecteurs des modules IP67 et IP2X (en version boitier alu),
- ✓ Fabrication française.

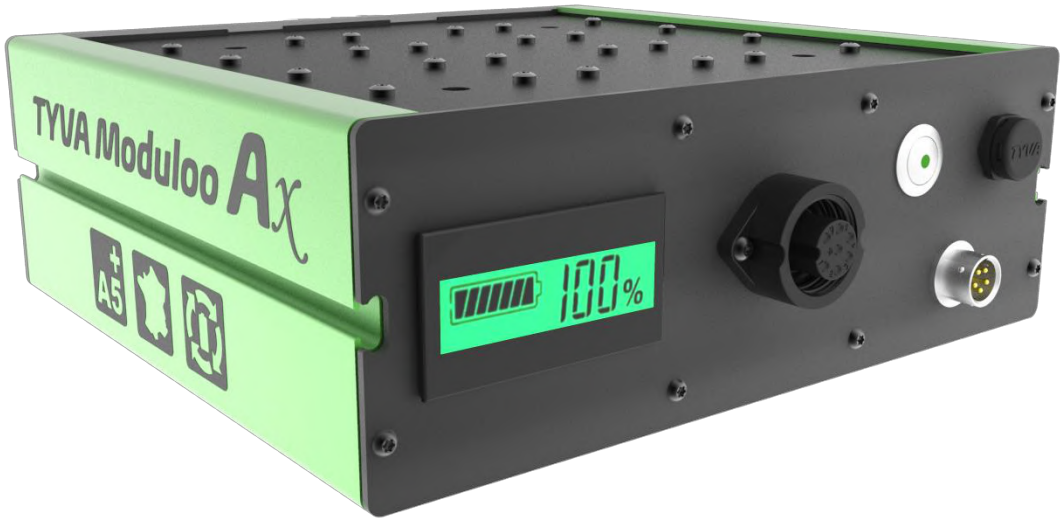
Réf	Format	Dimensions max (avec connecteurs)	Poids	Tension Nominale	Capacité Nominale	Energie Nominale	Densité
TYREC_A5-X	A5	75 x 183 x 210 mm	3,8 kg	3,7 à 25.9 V	30 à 245 Ah	906 Wh	238 Wh/kg
TYREC_A5P-X	A5+	75 x 202 x 210 mm	4,3 kg	3.7 à 29.6 V	30 à 280 Ah	1036 Wh	240 Wh/kg
TYREC_A4-X	A4	75 x 298 x 210 mm	6,8 kg	3.7 à 48.1 V	30 à 455 Ah	1683 Wh	247 Wh/kg
TYREC_A4P-X	A4+	75 x 318 x 210 mm	7,4 kg	3.7 à 51.8 V	30 à 490 Ah	1813 Wh	245 Wh/kg



Présentation du système

Batterie lithium TYVA Moduloo A5+ sur-mesure :

- ✓ Chimie : LiFePO4,
- ✓ Tension nominale : 12.8 V,
- ✓ Capacité nominale : 40 Ah,
- ✓ Energie nominale : 512 Wh,
- ✓ Connecteurs puissance et signal,
- ✓ Boitier étanche sur mesure IP65,
- ✓ Dimensions maximales : 205 x 220 x 77 mm hors façade
- ✓ Poids estimatif : 5 kg.



Coût des solutions proposées

Prix série de la batterie :

Module batterie	Moduloo A5+		Réf TYVA	Qté	PU HT	Délai
Tension nominale	12.8 V		TBC	1	846 €	A définir ensemble
Capacité nominale	40 Ah					
Energie Disponible	512 Wh					
Type de module	Moduloo A5+					
Chimie cellule	LiFePO4					
Format cellules	18650					
Modèle BMS	PCM 4S 60 A					
Configuration	4 S	20 P				
Type de sortie	Connecteurs signal et puissance					
Estimation poids	5 kg maximum					
Dimensions	205 x 220 x 77 mm					

Conditions générales

Elément	Description
Incoterm	Ex-works Annonay
Conditions de paiement	A définir ensemble
Conditions générales de ventes et de garantie	Voir documents FE-109 et FE-113 ci-joint
Indexation / révision des prix de vente	-
Remarques*	Cooling non inclus
	Le chargeur / convertisseur est proposé séparément

Nous restons à votre disposition pour tout renseignement complémentaire et vous prions d'agréer, Monsieur l'expression de nos sentiments distingués.

Thierry Claudel

A.3. Anejo- Señales por subistsema con asignación de conectores

FR Wheel Speed Sensor

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V Front	AMP SuperSeal 3 Contacts	A
GND FRWS		B
FRWS Value		C

APPS 1

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V Front	AMP SuperSeal 3 Contacts	A
GND APPS1		B
APPS1 Value		C

APPS 2

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V APPS	AMP SuperSeal 3 Contacts	A
GND APPS2		B
APPS2 Value		C

Front Break Pressure Sensor

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V Front	AMP SuperSeal 3 Contacts	A
GND FBPS		B
FBPS Value		C

FL Wheel Speed Sensor

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V Front	AMP SuperSeal 3 Contacts	A
GND FLWS		B
FLWS Value		C

RL Wheel Speed Sensor

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V Rear	AMP SuperSeal 3 Contacts	A
GND RLWS		B
RLWS Value		C

RR Wheel Speed Sensor

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V Rear	AMP SuperSeal 3 Contacts	A
GND RRWS		B
RRWS Value		C

Rear Break Pressure Sensor

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V Rear	AMP SuperSeal 3 Contacts	A
GND RBPS		B
RBPS Value		C

BOTS

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V Front	N/A	
SC BOTS Info		
SC in BOTS		
SC in Inertia		

Inertia Switch

Signal	Connecteur	Numéro pin
SC in Inertia	N/A	
SC in TSMS		

VCU Bis

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V_1	8STA-1415	A
GND VCU Bis		B
Int VCU Pre		C
Int VCU Dis		D
Int VCU AIR+		E
Int VCU AIR-		G
Int Dis		H
Int Pre		J
Int AIR+		K
Int AIR-		L

10

DSB Controller

Signal	Connecteur	Numéro pin
5V Screen	8STA-0835	3
COM Screen		4
CAN C H		5
CAN C L		6
12V DSBC		1
GND DSBC		2
Supply LED1	8STA-1298	A
Supply LED2		B
Supply LED3		C
Supply LED4		D
Supply LED5		E
Supply LED6		F
Supply LED7		G
Supply LED8		H
Supply LED9		J
Supply LED10		K

16

TSAL

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V TSAL	8STA-1418	A
Int AIR-		C
Int AIR+		D
Int Pre		E
Meca AIR+		G
Meca AIR-		H
Meca Pre		J
GND TSAL		B
5V TSAL Sensors		K
TSAC Voltage Signal		M
Inverter Voltage Signal		N
Green LED GND		P
Red LED GND		S
Green LED 12V		R
Red LED 12V		T

15

BSPD

Signal	Connecteur	Numéro pin
GND BSPD	8STA-1497	B
12V BSPD		A
SC in BSPD		C
FBPS Value		E
Current Value		J
SC in Reset		G

6

AMS & IMD reset

Signal	Connecteur	Numéro pin
SC in Reset		C
GND Reset		B
12V Reset		A

TSAC

Signal	Connecteur	Numéro pin
SC in TS	8STA-1002	1B
12V TSAC		1A
PDU Key	8STA-0635	2A
GND TSAC1		2B
Int Pre		2C
Int AIR-		2D
Int AIR+		2E
GND VCU	8STA-0635	3C
AMS State		3A
IMD State		3B
CAN A H		3D
CAN A L		3E
Meca AIR+	8STA-0635	4B
Meca AIR-		4C
Meca Pre		4D
TSAC Voltage Signal		4E
5V TSAL Sensors		4A
12V Fan	8STA-1002	5A
GND TSAC2		5B

19

Inverter

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V Inverter	X9	2
CAN A L		5
CAN A H		4
GND VCU		3
12V Auxiliary	X1	D,U
GND Inverter		C,K
BTB		A
RFE		T
FRG/RUN		G

TS Box

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V Data Logger	8STA-1415	A
GND TS Box		B
Current Value		C
High Current Value		D
SC in TS		P
Meca Dis		E
Int Dis		F
5V VCU		G
GND VCU		H
CAN B H		J
CAN B L		K
Inverter Voltage Signal		L
5V TSAL Sensors		M
Tx+, Rx+, Tx-, Rx-		

13

TSMS

Signal	Connecteur	Numéro pin
SC in TSMS	N/A	
SC in TS		

Steering Wheel

Signal	Connecteur	Numéro pin
GND SW	Amphenol 14 Contacts	2
5V Screen		1
Supply LED1		4
Supply LED2		5
Supply LED3		6
Supply LED4		7
Supply LED5		8
Supply LED6		9
Supply LED7		10
Supply LED8		11
Supply LED9		12
Supply LED10		13
COM Screen		3

13

Dashboard

Signal	Connecteur	Numéro pin
TC Dry	N/A	
TC Wet		
Display Signal		
R2D LED Signal		
R2D Signal		
GND DSB1		
GND DSB2		
12V Front		
Batt Fan on		
LVS on		
SC DashSB Info		
Green LED GND		
Green LED 12V		
TS Signal		
AMS State		
IMD State		
SC in DSB		
SC in BOTS		

Right Shutdown Button

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V SB	Normally Opened	
SC RSB Info		
SC out Reset	Normally Closed	
SC in LSB		

Left Shutdown Button

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V SB	Normally Opened	
SC LSB Info		
SC in LSB	Normally Closed	
SC in DSB		

Power Box

Signal	Connecteur	Numéro pin
Batt Fan on	N/A	
Pump on		
LVS on		
SC in BSPD		
LVS Voltage		
12V in Power Box		
12V in Power Box 2		
12V in Power Box 3		
12V_1		
12V_2		
12V_3		
12V_4		
12V Pump		
12V Reset		
12V Rear		
12V TSAC		
12V BSPD		
12V Inverter		
12V SB		
12V APPS		
12V Front		
12V TSAL		
12V Fan		
12V in SC		
12V Data Logger		

LV Battery

Signal	Connecteur	Numéro pin
GND LV	WY28	
12V in LVMS		

Pump

Signal	Connecteur	Numéro pin
GND Pump	AMP SuperSeal 2 Contacts	B
12V Pump		A

Brake light

Signal	Connecteur	Numéro pin
BL Signal	AMP SuperSeal 2 Contacts	B
12V Rear		A

Buzzer Ready to Drive

Signal	Connecteur	Numéro pin
12V SB	AMP SuperSeal 2 Contacts	A
R2D Sound Signal		B

TSAL LEDs

Signal	Connecteur	Numéro pin
Red LED 12V	AMP SuperSeal 2 Contacts	A
Red LED GND		B
Green LED 12V	AMP SuperSeal 2 Contacts	A
Green LED GND		B

Reset Button

Signal	Connecteur	Numéro pin
In Button	N/A	C
GND Button		LED-
Reset LED Signal		LED+
Out Button		NO

LVMS

Signal	Connecteur	Numéro pin

VCU

Signal	Connecteur	Numéro pin
5V VCU	Big Connector	51
FRWS Value		64
GND VCU		48
APPS1 Value		16
APPS2 Value		35
FBPS Value		62
FLWS Value		47
TC Dry		63
TC Wet		67
Display Signal		31
R2D Signal		26
CAN A H		56
CAN A L		55
CAN B H		57
CAN B L		76
TS Signal		43
SC RSB Info		71
SC LSB Info		17
SC BOTS Info		65
SC DashSB Info		24
Meca AIR+		42
Meca AIR-		52
Meca Pre		53
Meca Dis		38
LVS Voltage		23
Key on		59
12V_1		1
12V_2		3
GND_3		2
GND_4		4
GND_5		5
CAN C High		54
CAN C Low		73
RRWS Value		66
Current Value		36
High Current Value		18
RBPS Value		20
RLWS Value		8
IMD State		68
AMS State		45
BL Signal	Little Connector	110
R2D LED Signal		90
PDU Key		89
R2D Sound Signal		95
Int VCU AIR+		107
Int VCU Dis		86
Int VCU AIR -		99
Int VCU Pre		106
12V_3		116
12V_4		119
Pump on		96
GND_1		120
GND_2		121
BTB		98
RFE		108
FRG/RUN		100

IMD State	8STA-1497	H
AMS State		J
Out Button		D
Reset LED Signal		E
In Button		F
SC out Reset		G
9		

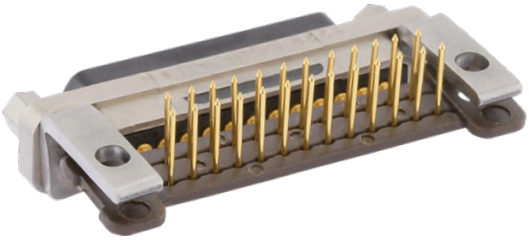
12V in LVMS 12V in SC 12V in Power Box 12V in Power Box 2 12V in Power Box 3	N/A

D-Sub Connector		
Signal	Connecteur	Numéro pin
CAN C H	N/A	7
CAN C L		2

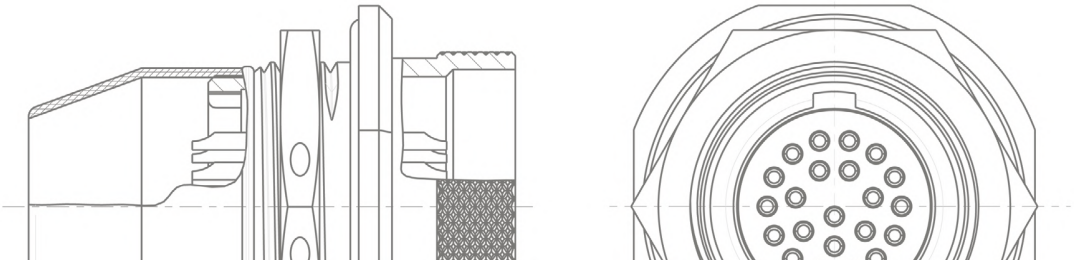
A.4. Anejo- Datasheet de los conectores Souriau (Extracto)

Motorsport and racing connectors

Souriau 8STA, 8TA and microComp® series



Powering Business Worldwide



8STA, 8TA and microComp® series connectors

Typical applications

Micro-miniature connectors with innovative quick-mating

The Souriau 8STA is ideal for motorsport applications with extreme space and weight constraints. Our high-performance connectors can be found on cars and motorcycles throughout the world of competitive motorsport—primarily for sensors and electric systems.

Reliability in harsh environments

The 8STA, 8TA and microComp series of miniature connectors incorporate high-reliability features to ensure driver safety and correct vehicle operation. Derived from international military specifications MIL-DTL-38999 and JN1003, our lightweight yet rugged connectors and can withstand high levels of shock and vibration.

Optimized for winning performance

We offer more than 100 derived versions of our motorsport connector series and we're continually expanding and enhancing our products to meet the market's complete interconnect needs. We also have the capabilities to produce derived products on demand, and our worldwide distributor network maintains high levels of finished connector stock to support fast turnarounds for customer orders.

Souriau 8STA, 8TA and microComp® series

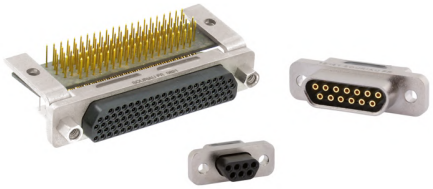
Motorsport solutions 5

8STA/8TA series 6

Contact layouts 6
8STA series 12
Ultra miniature shell size 01 12
Shell sizes 08 to 24 17
Power contacts 21
High density 24
Integrated clinch nuts 26
Single hole fixing 28
Quick release for steering boss system 30
Blind mating plug 32
Hermetic connectors 34
Hermetic feedthrough 38
PC tail contacts 40
8STA/8TA series- Fuel immersible 43
8TA series- Compact low profile 45
Contacts 48
Contacts, wiring instructions 49
Filler plugs, crimping tools 50
Insertion and extraction tools, boots, shrinkable termination detail 51
Metal protective caps 52
Nut plates, gaskets 53

microComp® series 54

Technical specifications 54
Ordering information 55



From standard to specific solutions for motorsport

The motorsport market is driven by innovations, and we're dedicated to meet your needs. We have the capability to produce derived products on demand to help you take the lead. One of our primary objectives is to push the boundaries in terms of miniaturization and weight reduction, demonstrated by the introduction of the 8STA shell size 01, the world's smallest motorsport connector with removable contacts.

8STA series	8TA series	microComp®
Miniature sizes 02, 04, 06 Up to shell size 24	Compact low profile	Crimp removable contacts AWG 24 to 28
Scoop proof	Conductive black zinc or nickel plating	High density layouts from 7 to 104 ways
Conductive black zinc or nickel plating	Color-coded keyway	High vibration and shock withstanding
Color-coded keyway		Non magnetic

Reliable and customized solutions

Based on standard series:

- 8STA & 8TA series
- microComp® series

Lightweight
High density layouts, miniature sizes, integrated backshell, composite shell.

Power distribution
High voltage.
High current.

Custom solutions
Innovative solutions.
Let your need take the lead.

Fuel pump
Fuel, oils and lubricant immersion.

Extremely reliable in continuous immersion.

Engine control unit
High power load, critical function.

Extremely reliable in harsh environments.

Sensors
Extreme vibration.
Restricted areas.

Quick release
Frequent disconnect.
Difficult areas to reach.

8STA/8TA series

Contact layouts

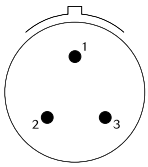
Contact layouts

S Signal P Power C Concentric Twinax (=Triax) or Coax HD High Density H Hermetic version developed F Fuel Immersible version developed

Contact sizes #26 #22D #20 #16 #12 #8 Coax or Concentric Twinax - consult us #8 Power #4 Power

01

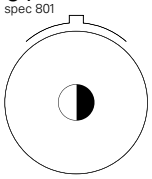
03



3#26
Service R
S HD

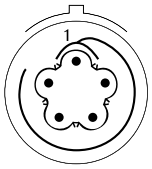
02

01 *
spec 801



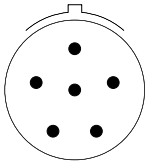
1#16
Service II
C

05



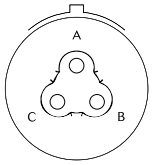
3#26
Service R
S HD H

06



6#26
Service R
S HD

35

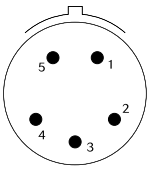


3#22D
Service S
S H

* Consult us

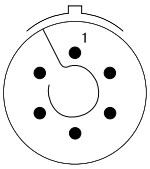
04

05



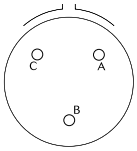
5#26
Service R
S F

06



6#26
Service R
S HD F

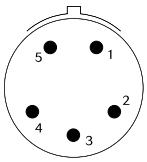
35



3#22D
Service S
S F

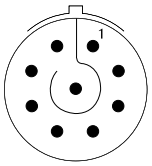
06

05



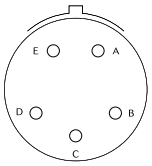
5#26
Service M
S

09



9#26
Service R
S HD

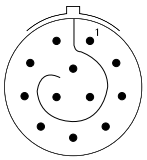
35



5#22D
Service M
S

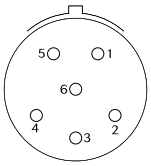
08

12



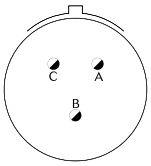
12#26
Service R
S HD

35*



6#22D
Service M
S F

98*



3#20
Service I
S F

* Available for 8TA Series

Sizes 01 and 02: Marking on shell.
Rear view of receptacle for male and female insulator. Opposite marking between plug and receptacle.
Sizes 04 to 24: Marking on insulator.
Front view of male insulator for plug and receptacle. Opposite marking between male and female insulator.

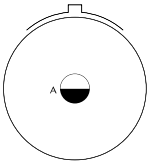
Contact layouts

S Signal P Power C Concentric Twinax (=Triax) or Coax HD High Density H Hermetic version developed F Fuel Immersible version developed

Contact sizes #26 #22D #20 #16 #12 #8 Coax or Concentric Twinax - consult us #8 Power #4 Power

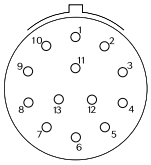
10

01



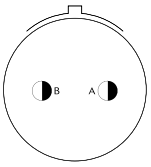
1#12
Service II
S

35



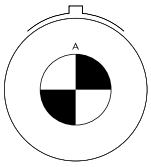
3#22D
Service S
S H F

02



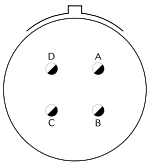
2#16
Service I
S

80



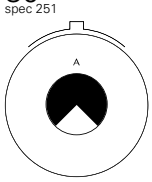
1#8
Service I
C

04



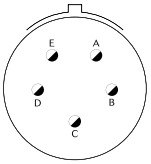
4#20
Service I
S

80
spec 251



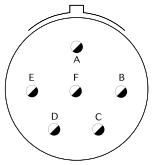
1#8
Service I
P

05



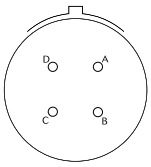
5#20
Service I
S F

98



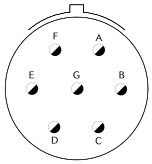
6#20
Service I
S H F

22



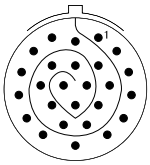
4#22D
Service M
S

99



7#20
Service I
S

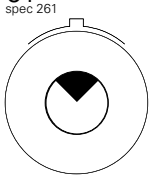
26



26#26
Service R
S HD

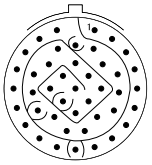
12

01
spec 261



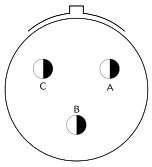
1#4
Service M
P

43



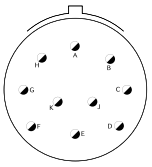
43#26
Service R
S HD

03



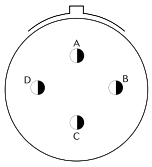
3#16
Service I
S

98



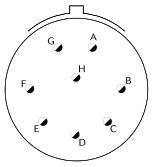
10#20
Service I
S H F

04



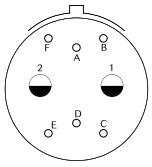
4#16
Service I
S H

08



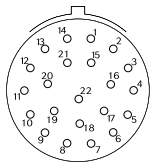
8#20
Service I
S

26



6#22D, 2#12
Service M
S

35



22#22D
Service M
S H

Sizes 01 and 02: Marking on shell.
Rear view of receptacle for male and female insulator. Opposite marking between plug and receptacle.
Sizes 04 to 24: Marking on insulator.
Front view of male insulator for plug and receptacle. Opposite marking between male and female insulator.

8STA/8TA series

Contact layouts

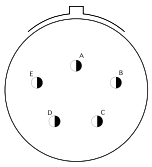
Contact layouts

S Signal P Power C Concentric Twinax (=Triax) or Coax HD High Density H Hermetic version developed F Fuel Immersible version developed

Contact sizes #26 #22D #20 #16 #12 #8 Coax or Concentric Twinax - consult us #8 Power #4 Power

14

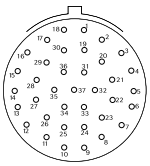
05



5#16
Service II

S

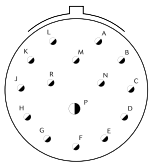
35



37#22D
Service M

S H F

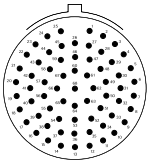
15



14#20, 1#16
Service I

S

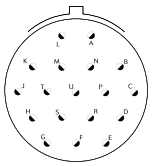
68



68#26
Service R

S HD

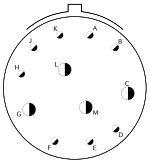
18



18#20
Service I

S

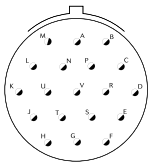
97



8#20, 4#16
Service I

S H

19



19#20
Service I

S

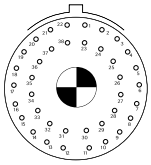
Contact layouts

S Signal P Power C Concentric Twinax (=Triax) or Coax HD High Density H Hermetic version developed F Fuel Immersible version developed

Contact sizes #26 #22D #20 #16 #12 #8 Coax or Concentric Twinax - consult us #8 Power #4 Power

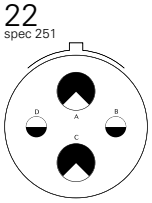
16

02



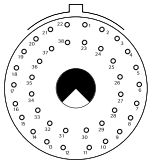
38#22D, 1#8
Service M
S C

22
spec 251



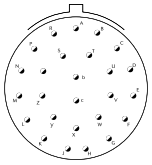
2#12, 2#8
Service M
S P

02
spec 251



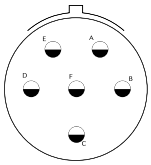
38#22D, 1#8
Service N
S P

26



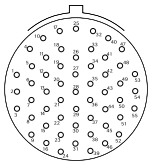
26#20
Service I
S

06



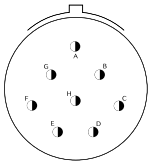
6#12
Service I
S

35



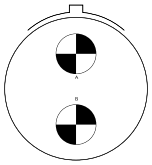
55#22D
Service M
S

08



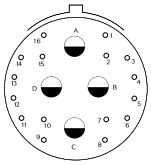
8#16
Service II
S

75



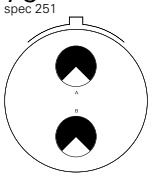
2#8
Service M
C

20



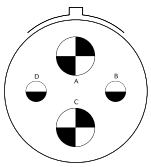
16#22D, 4#12
Service II
S

75
spec 251



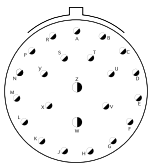
2#8
Service M
P

22



2#12, 2#8
Service M
S C

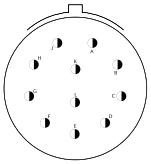
99



2#16, 21#20
Service I
S

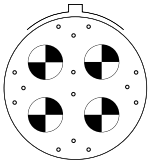
18

11



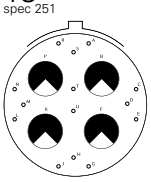
11#16
Service II
S

18



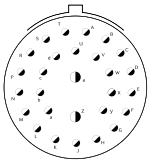
14#22D, 4#8
Service M
S C

18
spec 251



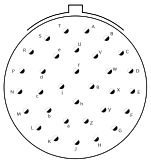
14#22D, 4#8
Service M
S P

28



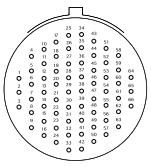
26#20, 2#16
Service I
S

32



32#20
Service I
S

35



66#22D
Service M
S

Sizes 04 to 24: Marking on insulator.
Front view of male insulator for plug and receptacle. Opposite marking between male and female insulator.

8STA/8TA series

Contact layouts

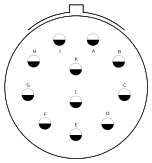
Contact layouts

S Signal P Power C Concentric Twinax (=Triax) or Coax HD High Density H Hermetic version developed F Fuel Immersible version developed

Contact sizes #26 #22D #20 #16 #12 #8 Coax or Concentric Twinax - consult us #8 Power #4 Power

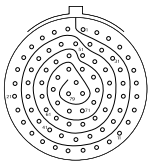
20

11



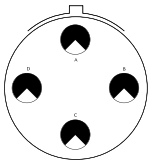
11#12
Service I
S

35



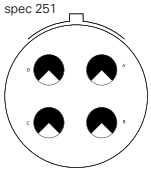
79#22D
Service M
S

48



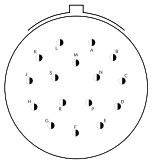
4#8
Service I
P

75
spec 251



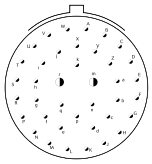
4#8
Service M
P

16



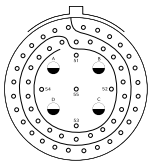
16#16
Service II
S

39



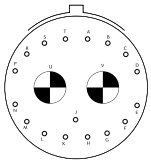
37#20, 2#16
Service I
S

59



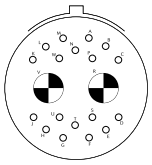
55#22D, 4#12
Service M
S C

77



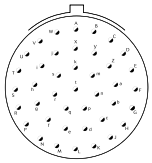
17#22D, 2#8
Service M
S P

20



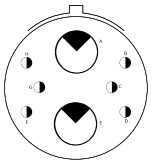
18#20, 2#8
Service M
S C

41



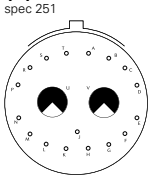
41#20
Service I
S

72



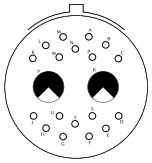
6#16, 2#4
Service I
S P

77
spec 251



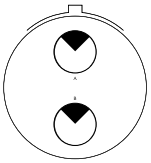
17#22D, 2#8
Service M
S P

20
spec 251



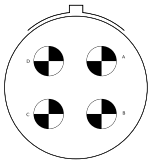
18#20, 2#8
Service M
S P

42



2#4
Service I
P

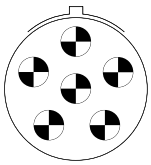
75



4#8
Service M
C

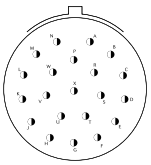
22

06



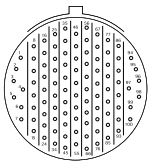
6#8
Service M
C

21



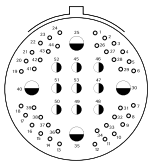
21#16
Service II
S

35



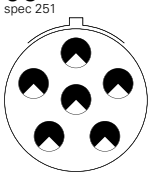
100#22D
Service M
S

54



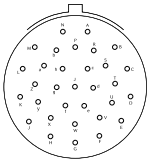
40#22D 9#16,
4#12 Service M
S

06
spec 251



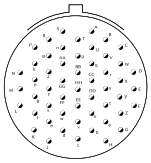
6#8
Service M
P

32



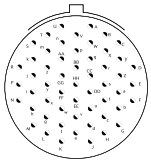
32#20
Service I
S

53



53#20
Service I
S

55



55#20
Service I
S

Sizes 04 to 24: Marking on insulator.
Front view of male insulator for plug and receptacle. Opposite marking between male and female insulator.

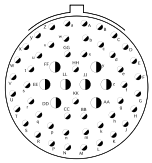
Contact layouts

S Signal P Power C Concentric Twinax (=Triax) or Coax

Contact sizes #26 #22D #20 #16 #12 #8 Coax or Concentric Twinax - consult us #8 Power #4 Power

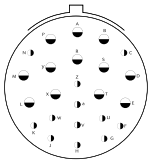
24

04



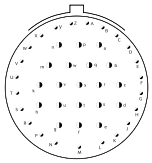
48#20, 8#16
Service I
S

24



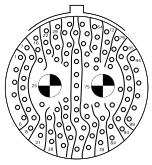
12#16, 12#12
Service II
S

43



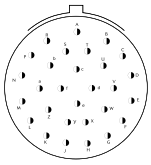
23#20, 20#16
Service I
S

07



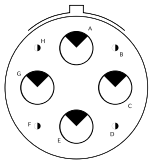
97#22D, 2#8
Service M
S C

29



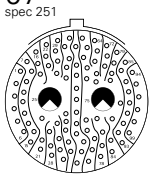
29#16
Service I
S

44



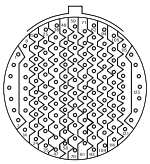
4#16, 4#4
Service I
S P

07
spec 251



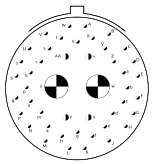
97#22D, 2#8
Service M
S P

35



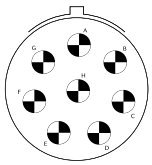
128#22D
Service M
S

46



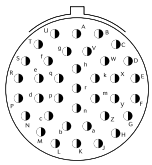
40#20, 4#16,
2#8 Service I
S C

08



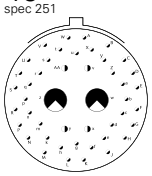
8#8
Service M
C

37



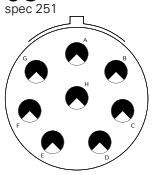
37#16
Service I
S

46
spec 251



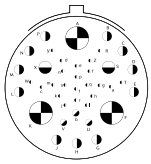
40#20, 4#16,
2#8 Service I
S P

08
spec 251



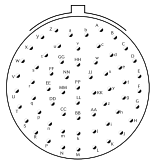
8#8
Service M
P

41



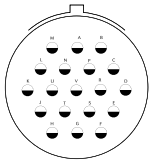
22#22D, 3#20,
11#16, 2#12,
3#8 Service N
S C

61



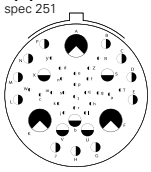
61#20
Service I
S

19



19#12
Service I
S

41
spec 251



22#22D, 3#20,
11#16, 2#12,
3#8 Service N
S P

Test voltage rating (Vrms)

Service	Sea level	at 21 000 m
R	400	N/A
S	1,000	N/A
M	1,300	800
N	1,000	600
I	1,800	1,000
II	2,300	1,000

Sizes 04 to 24: Marking on insulator.
Front view of male insulator for plug and receptacle. Opposite marking between male and female insulator.

A.5. Anejo- Dimensionamiento del cableado. Cálculos de sección

La primera etapa para el dimensionamiento fue elegir el conductor de los cables. En este caso fue el cobre. Se tomó un valor estandarizado de resistividad lineal: $\rho = 0,000000017 \quad \Omega \cdot m$. Esta resistividad y el voltaje de la batería, permiten calcular la intensidad máxima que puede pasar por un cable de una sección y longitud dada para no superar el criterio de 3 % de caída de tensión. Las ecuaciones son:

$$R \times I_{max} \leq 3/100 \times V \tag{A.1}$$

dónde R es la resistencia (Ω) y V la tensión (V) Como,

$$R = \rho \times \frac{l}{S} \tag{A.2}$$

donde l es la longitud en m y S la sección en m^2. Entonces,

$$I_{max} = 3/100 \times \frac{V \times S}{\rho \times l} \tag{A.3}$$

La siguiente tabla presenta esta intensidad máxima para diferentes secciones AWG (filas) y en función de la longitud de cable (columnas).

Section Conversion			Calcul Intensité max par longueur et section									
AWG	mm2	Ohm/m	1	1,5	2	3	4,5	6	7,5	9	12	15
30	0,05	0,3400	1,13	0,75	0,56	0,38	0,25	0,19	0,15	0,13	0,09	0,08
28	0,08	0,2125	1,81	1,20	0,90	0,60	0,40	0,30	0,24	0,20	0,15	0,12
26	0,14	0,1214	3,16	2,11	1,58	1,05	0,70	0,53	0,42	0,35	0,26	0,21
24	0,25	0,0680	5,65	3,76	2,82	1,88	1,25	0,94	0,75	0,63	0,47	0,38
22	0,34	0,0500	7,68	5,12	3,84	2,56	1,71	1,28	1,02	0,85	0,64	0,51
21	0,38	0,0447	8,58	5,72	4,29	2,86	1,91	1,43	1,14	0,95	0,72	0,57
20	0,5	0,0340	11,29	7,53	5,65	3,76	2,51	1,88	1,51	1,25	0,94	0,75
18	0,75	0,0227	16,94	11,29	8,47	5,65	3,76	2,82	2,26	1,88	1,41	1,13
17	1	0,0170	22,59	15,06	11,29	7,53	5,02	3,76	3,01	2,51	1,88	1,51
16	1,5	0,0113	33,88	22,59	16,94	11,29	7,53	5,65	4,52	3,76	2,82	2,26
14	2,5	0,0068	56,47	37,65	28,24	18,82	12,55	9,41	7,53	6,27	4,71	3,76
12	4	0,0043	90,35	60,24	45,18	30,12	20,08	15,06	12,05	10,04	7,53	6,02
10	6	0,0028	135,53	90,35	67,76	45,18	30,12	22,59	18,07	15,06	11,29	9,04
8	10	0,0017	225,88	150,59	112,94	75,29	50,20	37,65	30,12	25,10	18,82	15,06
6	16	0,0011	361,41	240,94	180,71	120,47	80,31	60,24	48,19	40,16	30,12	24,09
4	25	0,0007	564,71	376,47	282,35	188,24	125,49	94,12	75,29	62,75	47,06	37,65
2	35	0,0005	790,59	527,06	395,29	263,53	175,69	131,76	105,41	87,84	65,88	52,71
1	50	0,0003	1129,41	752,94	564,71	376,47	250,98	188,24	150,59	125,49	94,12	75,29
1/0	55	0,0003	1242,35	828,24	621,18	414,12	276,08	207,06	165,65	138,04	103,53	82,82
2/0	70	0,0002	1581,18	1054,12	790,59	527,06	351,37	263,53	210,82	175,69	131,76	105,41
3/0	95	0,0002	2145,88	1430,59	1072,94	715,29	476,86	357,65	286,12	238,43	178,82	143,06
4/0	120	0,0001	2710,59	1807,06	1355,29	903,53	602,35	451,76	361,41	301,18	225,88	180,71

Esta tabla nos permite ver que nivel de sección mínimo se requiere en función de la longitud del cable y del amperaje que recorrerá el cable. Estos niveles se establecen en la tabla a continuación. Para entender el proceso de creación de la tabla se va a hacer un ejemplo con una señal que transportaría 1 A. En la anterior tabla, buscaríamos todos los valores que están por debajo de ese 1 A y recopiaríamos en la fila de 1 A la sección correspondiente para las distintas longitudes.

Hay que destacar que para tener algo de margen y seguridad, el valor mínimo de sección que se usó es de 22 AWG.

Sabiendo la corriente de cada señal por el la estimación de consumos realizada en section 6.3, la sección a elegir se puede sacar de la tabla.

12VDC	Wire Gauge (per meter of cable for 3% voltage drop)									
Amperes/ Longueur	**1**	**1,5**	**2**	**3**	**4,5**	**6**	**7,5**	**9**	**12**	**15**
1	22	22	22	22	22	22	22	20	18	18
1,5	22	22	22	22	22	20	20	18	16	16
2	22	22	22	22	20	18	18	16	16	16
3	22	22	22	20	18	16	16	16	14	14
4	22	22	21	18	16	16	16	14	14	12
5	22	22	20	18	16	16	14	14	12	12
6	22	20	18	16	16	14	14	14	12	12
7	22	20	18	16	16	14	14	12	12	10
8	21	18	18	16	14	14	12	12	10	10
10	20	18	16	16	14	12	12	12	10	8
11	20	18	16	16	14	12	12	10	10	8
12	18	16	16	14	14	12	12	10	8	8
15	18	16	16	14	12	12	10	10	8	8
18	16	16	14	14	12	10	10	8	8	
20	16	16	14	12	12	10	8	8		
22	16	16	14	12	10	10	8	8		
24	16	14	14	12	10	8	8	8		
30	16	14	12	12	10	8	8			
40	14	12	12	10	8					
50	14	12	12	8	8					

A.6. Anejo - Documento de referencia con todas las señales baja tensión de Artemiz

201	201	sur	201						
Vérif	**Fait**	**Numéro fil**	**Signal**	**Extrémité 1**	**Extrémité 2**	**Section (AWG)**	**Couleur**	**Longueur (cm)**	**Remarque**
TRUE	TRUE	1	GND_1	VCU : 120	GND Left	18	Noir	69	87
TRUE	TRUE	2	GND_2	VCU : 121	GND Left	18	Noir	69	90
TRUE	TRUE	3	GND_3	VCU : 2	GND Left	18	Noir	69	90
TRUE	TRUE	4	GND_4	VCU : 4	GND Left	18	Noir	69	90
TRUE	TRUE	5	GND_5	VCU : 5	GND Left	18	Noir	69	90
TRUE	TRUE	6	GND TS Box	GND Left	TS Box : B	22	Noir	49	83
TRUE	TRUE	7.0	GND Inverter	GND Left	Inverter X1 : C	18	Noir	59	83
TRUE	TRUE	7.1	GND Inverter	7.0	Inverter X1 : K	18	Noir		35
TRUE	TRUE	8	GND Pump	GND Left	Pump : B	16	Noir	164	198
TRUE	TRUE	9	GND TSAL	GND Left	TSAL	22	Noir	99	126
TRUE	TRUE	10	GND FRWS	GND Front	FRWS : B	18	Noir	142	154
TRUE	TRUE	11.0	GND APPS1	GND Front	APPS1 : B	18	Noir	160	55
TRUE	TRUE	11.1	GND APPS2	11.0	APPS2 : B	18	Noir	95	177
TRUE	TRUE	11.2	GND FBPS	11.0	FBPS : B	18	Noir	95	55
TRUE	TRUE	11.3	GND FLWS	11.0	FLWS : B	18	Noir	30	125
TRUE	TRUE	13.0	GND RLWS	GND Left	RLWS : B	22	Noir	179	207
TRUE	TRUE	13.1	GND RBPS	13.0	RBPS : B	22	Noir	50	80
TRUE	TRUE	14.0	GND RRWS	GND Right	RRWS : B	22	Noir	116	139
TRUE	TRUE	14.1	GND BSPD	14.0	BSPD : B	22	Noir	35	59
TRUE	TRUE	14.2	GND Reset	14.0	AMS et IMD Reset : B	22	Noir	35	59
TRUE	TRUE	15	GND SW	GND Front	Steering Wheel : 2	22	Noir	40	59
TRUE	TRUE	16.0	GND DSBC	GND Front	DSB Controller : 2	18	Noir	40	50
TRUE	TRUE	16.1	GND DSB1	GND Front	Dashboard	18	Noir	30	
TRUE	TRUE	16.2	GND DSB2	GND Front	Dashboard	18	Noir	30	
TRUE	TRUE	17	GND TSAC1	GND Right	TSAC : 2B	18	Noir	112	135
TRUE	TRUE	18	GND TSAC2	GND Right	TSAC : 5B	18	Noir	112	135
TRUE	TRUE	19	GND VCU Bis	GND Right	VCU Bis : B	22	Noir	39	70
TRUE	TRUE	20.0	GND LV	GND Right	LV Battery	16	Noir	74	103
TRUE	TRUE	20.1	GND LV	GND Right	LV Battery	16	Noir	74	103
TRUE	TRUE	20.2	GND LV	GND Right	LV Battery	16	Noir	74	103
TRUE	TRUE	21	GND Button	GND Right	Reset Button : LED-	22	Noir	116	130
TRUE	TRUE	22	GND VCU	VCU : 48	TS Box : H	22	Noir	70	89
TRUE	TRUE	23.0	GND CAN A	VCU : 60	TSAC	22	Noir	85	103
TRUE	TRUE	23.1	GND CAN A	23.0	Inverter	22	Noir	30	55
TRUE	TRUE	24.0	12V_1	VCU : 1	Power Box	18	Rouge	181	207
TRUE	TRUE	24.1	12V_1	24.0	VCU Bis A	18	Rouge	10	33
TRUE	TRUE	25	12V_2	VCU : 3	Power Box	18	Rouge	181	207
TRUE	TRUE	26	12V_3	VCU : 116	Power Box	18	Rouge	181	207
TRUE	TRUE	27.0	12V_4	VCU : 119	Power Box	18	Rouge	181	207
TRUE	TRUE	27.1	Key on	27.0	VCU : 59	22	Rouge		22
TRUE	TRUE	28	12V TSAL	TSAL	Power Box	22	Rouge	230	240
TRUE	TRUE	29	12V Front	Power Box	FW : 7	18	Rouge	110	131
TRUE	TRUE	30.0	12V Front	FW : 7	FRWS : A	18	Rouge	130	135
TRUE	TRUE	30.1	12V Front	30.0	APPS1 : A	18	Rouge	107	139
TRUE	TRUE	30.2	12V Front	30,1	FBPS : A	18	Rouge	95	50
TRUE	TRUE	30.3	12V Front	30.0	FLWS : A	18	Rouge	90	107
TRUE	TRUE	30.4	12V Front	30.0	BOTS	18	Rouge	172	45
TRUE	TRUE	30.5	12V Front	30.0	Dashboard	18	Rouge	85	110
TRUE	TRUE	30.6	12V Front	30.5	DCBC	18	Rouge		
TRUE	TRUE	31.0	12V Rear	Power Box	RLWS : A	18	Rouge	291	324
TRUE	TRUE	31.1	12V Rear	31.0	RRWS : A	18	Rouge	87	110
TRUE	TRUE	31.2	12V Rear	31.0	RBPS : A	18	Rouge	50	77
TRUE	TRUE	31.3	12V Rear	31.0	Brake Light : A	18	Rouge	211	77
TRUE	TRUE	32	12V APPS	Power Box	FW : 28	22	Rouge	110	130
TRUE	TRUE	33	12V APPS	FW : 28	APPS2 : A	22	Rouge	95	183
TRUE	TRUE	34.0	12V in Power Box	Power Box	LVMS	16	Rouge	135	156
TRUE	TRUE	34.1	12V in Power Box	Power Box	LVMS	16	Rouge	135	156
TRUE	TRUE	35	12V in Power Box 2	Power Box	LVMS	22	Rouge	135	155
TRUE	TRUE	36	12V in Power Box 3	Power Box	LVMS	22	Rouge	135	155
TRUE	TRUE	37	12V Pump	Power Box	Pump : A	16	Rouge	276	318
TRUE	TRUE	38	12V Reset	Power Box	AMS et IMD Reset : A	22	Rouge	152	167
TRUE	TRUE	39	12V TSAC	Power Box	TSAC : 1A	18	Rouge	186	208
TRUE	TRUE	40.0	12V Inverter	Power Box	Inverter X9 : 2	18	Rouge	30	201
TRUE	TRUE	40.1	12V Inverter	40.0	Inverter X1 : D	18	Rouge	30	32
TRUE	TRUE	40.2	12V Inverter	40.0	Inverter X1 : U	18	Rouge	30	32
TRUE	TRUE	41.0	12V SB	Power Box	Buzzer Ready to Drive : A	22	Rouge	291	322
TRUE	TRUE	41.1	12V SB	41.0	LSB	22	Rouge	10	53
TRUE	TRUE	41.2	12V SB	41.0	RSB	22	Rouge	10	
TRUE	TRUE	42	12V Fan	Power Box	TSAC : 5A	18	Rouge	186	208
TRUE	TRUE	43	12V in SC	Power Box	LVMS	16	Bleu	135	156
TRUE	TRUE	44	12V Data Logger	Power Box	TS Box : A	22	Rouge	171	199
TRUE	TRUE	45.0	12V in LVMS	LV Battery	LVMS	16	Rouge	115	137
TRUE	TRUE	45.1	12V in LVMS	LV Battery	LVMS	16	Rouge	115	137
TRUE	TRUE	45.2	12V in LVMS	LV Battery	LVMS	16	Rouge	115	137

TRUE	TRUE	46	12V BSPD	Power Box	BSPD : A	22	Rouge	152	178
TRUE	TRUE	47	5V VCU	VCU : 51	TS Box : G	22	Blanc	70	90
TRUE	TRUE	48	5V Screen	DSB Controller 3	Steering Wheel 1	22	Blanc		78
TRUE	TRUE	49.0	5V TSAL Sensors	TSAL : K	TS Box	22	Blanc	100	125
TRUE	TRUE	49.1	5V TSAL Sensors	49.0	TSAC : 4A	22	Blanc	45	64
TRUE	TRUE	50	FRWS Value	VCU : 64	FW : 33	22	Vert	161	184
TRUE	TRUE	51	FRWS Value	FW : 33	FRWS : C	22	Vert	130	130
TRUE	TRUE	52	APPS1 Value	VCU : 16	FW : 32	22	Vert fluo	161	184
TRUE	TRUE	53	APPS1 Value	FW : 32	APPS1 : C	22	Vert fluo	172	186
TRUE	TRUE	54	APPS2 Value	VCU : 35	FW : 31	22	Vert	161	184
TRUE	TRUE	55	APPS2 Value	FW : 31	APPS2 : C	22	Vert	172	184
TRUE	TRUE	56.0	FBPS Value	VCU : 62	FW : 21	22	Vert	161	184
TRUE	TRUE	56.1	FBPS Value	56.0	BSPD : E	22	Vert	203	111
TRUE	TRUE	57	FBPS Value	FW : 21	FBPS : C	22	Vert	172	184
TRUE	TRUE	58	RBPS Value	VCU : 20	RBPS : C	22	Vert	200	224
TRUE	TRUE	59	FLWS Value	VCU : 47	FW : 24	22	Vert fluo	161	184
TRUE	TRUE	60	FLWS Value	FW : 24	FLWS : C	22	Vert fluo	167	175
TRUE	TRUE	61	TC Dry	VCU : 63	FW : 3	22	Violet	161	184
TRUE	TRUE	62	TC Dry	FW : 3	Dashboard	22	Violet	162	178
TRUE	TRUE	63	TC Wet	VCU : 67	FW : 18	22	Gris	161	184
TRUE	TRUE	64	TC Wet	FW : 18	Dashboard	22	Gris	162	178
TRUE	TRUE	65	Display Signal	VCU : 31	FW : 5	22	Rose	161	188
TRUE	TRUE	66	Display Signal	FW : 5	Dashboard	22	Rose	162	181
TRUE	TRUE	67	R2D LED Signal	VCU : 90	FW : 12	22	Vert-Jaune	161	184
TRUE	TRUE	68	R2D LED Signal	FW : 12	Dashboard	22	Vert-Jaune	162	178
TRUE	TRUE	69	R2D Signal	VCU : 26	FW : 34	22	Marron	161	184
TRUE	TRUE	70	R2D Signal	FW : 34	Dashboard	22	Marron	162	181
TRUE	TRUE	71.0	CAN A H	VCU : 56	Inverter : 4	24	Jaune	70	87
TRUE	TRUE	71.1	CAN A H	71.0	TSAC : 3D	24	Jaune	45	74
TRUE	TRUE	72.0	CAN A L	VCU : 55	Inverter : 5	24	Bleu	70	87
TRUE	TRUE	72.1	CAN A L	72.0	TSAC : 3E	24	Bleu	45	74
TRUE	TRUE	73	TS Signal	VCU : 43	FW : 30	22	Violet	161	184
TRUE	TRUE	74	TS Signal	FW : 30	Dashboard	22	Violet	162	178
TRUE	TRUE	75	SC RSB Info	VCU : 71	RSB	22	Bleu	190	208
TRUE	TRUE	76	SC LSB Info	VCU : 17	LSB	22	Bleu	190	165
TRUE	TRUE	77	SC BOTS Info	VCU : 65	FW : 8	22	Bleu	161	184
TRUE	TRUE	78	SC BOTS Info	FW : 8	BOTS	22	Bleu	172	180
TRUE	TRUE	80	SC DashSB Info	VCU : 24	FW : 25	22	Bleu	161	184
TRUE	TRUE	81	SC DashSB Info	FW : 25	Dashboard	22	Bleu	162	178
TRUE	TRUE	82	PDU Key	VCU : 89	TSAC : 2A	22	Violet	85	96
TRUE	TRUE	83	R2D Sound Signal	VCU : 95	Buzzer Ready to drive B	22	Gris	190	213
TRUE	TRUE	84	Int VCU AIR+	VCU : 107	VCU Bis	22	Marron	88	120
TRUE	TRUE	85.0	Meca AIR+	VCU : 42	TSAL : G	22	Violet	110	127
TRUE	TRUE	85.1	Meca AIR+	85.0	TSAC : 4B	22	Violet	85	72
TRUE	TRUE	86	Int VCU AIR -	VCU : 99	VCU Bis : G	22	Vert-Jaune	88	105
TRUE	TRUE	87.0	Meca AIR-	VCU : 52	TSAL : H	22	Rose	110	128
TRUE	TRUE	87.1	Meca AIR-	87.0	TSAC : 4C	22	Rose	45	65
TRUE	TRUE	88	Int VCU Pre	VCU : 106	VCU Bis : C	22	Jaune	88	111
TRUE	TRUE	89.0	Meca Pre	VCU : 53	TSAL : J	22	Gris	110	138
TRUE	TRUE	89.1	Meca Pre	89.0	TSAC : 4D	22	Gris	45	
TRUE	TRUE	90	Int VCU Dis	VCU : 86	VCU Bis : D	22	Vert	88	120
TRUE	TRUE	91	Meca Dis	VCU : 38	TS Box : E	22	Marron	70	85
TRUE	TRUE	92	LVS Voltage	VCU : 23	Power Box	22	Violet	181	215
TRUE	TRUE	93	Pump on	VCU : 96	Power Box	22	Rose	181	215
TRUE	TRUE	94	BL Signal	VCU : 110	Break Light : B	22	Gris	175	205
TRUE	TRUE	95.0	CAN C H	VCU : 54	FW : 26	24	Jaune	161	184
TRUE	TRUE	95.1	CAN C H	95.0	D-Sub Connector	24	Jaune	118	
TRUE	TRUE	96	CAN C H	FW : 26	DSB Controller : 5	24	Jaune	162	188
TRUE	TRUE	97.0	CAN C L	VCU : 73	FW : 19	24	Bleu	161	184
TRUE	TRUE	97.1	CAN C L	97.0	D-Sub Connector	24	Bleu	118	
TRUE	TRUE	98	CAN C L	FW : 19	DSB Controller : 6	24	Bleu	162	178
TRUE	TRUE	99	RRWS Value	VCU : 66	RRWS : C	22	Vert	203	220
TRUE	TRUE	100.0	Current Value	VCU : 36	TS Box : C	22	Vert fluo	85	90
TRUE	TRUE	100.1	Current Value	100.0	BSPD : J	20	Vert fluo	203	
TRUE	TRUE	101	High Current Value	VCU : 18	TS Box : D	22	Vert	85	90
TRUE	TRUE	102	RLWS Value	VCU : 8	RLWS : C	22	Marron	190	
TRUE	TRUE	103	BTB	VCU : 98	Inverter : A	22	Violet	70	
TRUE	TRUE	104	RFE	VCU : 108	Inverter : T	22	Rose	70	
TRUE	TRUE	105	FRG/RUN	VCU : 100	Inverter : G	22	Gris	70	
TRUE	TRUE	106.0	IMD State	VCU : 68	FW : 1	22	Gris	161	184
TRUE	TRUE	106.1	IMD State	106.0	TSAC : 3B	22	Gris	45	
TRUE	TRUE	106.2	IMD State	106.0	AMS et IMD Reset : H	22	Gris	87	
TRUE	TRUE	107	IMD State	FW : 1	Dashboard	22	Gris	162	178
TRUE	TRUE	108.0	AMS State	VCU : 45	AMS et IMD Reset : J	22	Rose	203	
TRUE	TRUE	108.1	AMS State	108.0	FW : 29	22	Rose	161	

TRUE	TRUE	108.2	AMS State	108.0	TSAC : 3A	22	Rose	45	
TRUE	TRUE	109	AMS State	FW : 29	Dashboard	22	Rose	162	181
TRUE	TRUE	110.0	Int AIR-	TSAL : C	TSAC : 2D	22	Marron	137	
TRUE	TRUE	110.1	Int AIR-	110.0	VCU Bis : L	22	Marron	118	
TRUE	TRUE	111.0	Int AIR+	TSAL : D	TSAC : 2E	22	Vert-Jaune	137	
TRUE	TRUE	111.1	Int AIR+	111.0	VCU Bis : K	22	Vert-Jaune	118	
TRUE	TRUE	112.0	Int Pre	TSAL : E	TSAC : 2C	22	Jaune	137	
TRUE	TRUE	112.1	Int Pre	112.0	VCU Bis : J	22	Jaune	118	
TRUE	TRUE	113	Int Dis	VCU Bis : H	TS Box : F	22	Vert	109	
TRUE	TRUE	114	TSAC Voltage Signal	TSAL : M	TSAC : 4E	22	Violet	137	
TRUE	TRUE	115	Inverter Voltage Signal	TSAL : N	TS Box : L	22	Rose	121	
TRUE	TRUE	116.0	Green LED GND	TSAL : P	FW : 9	22	Vert-Jaune	223	
TRUE	TRUE	116.1	Green LED GND	116.0	TSAL Leds : B	22	Vert-Jaune	141	
TRUE	TRUE	117	Green LED GND	FW : 9	Dashboard	22	Vert-Jaune	162	178
TRUE	TRUE	118	Red LED GND	TSAL : S	TSAL Leds : B	22	Noir	154	
TRUE	TRUE	119.0	Green LED 12V	TSAL : R	TSAL Leds : A	22	Marron	154	
TRUE	TRUE	119.1	Green LED 12V	119.0	FW : 16	22	Marron	184	
TRUE	TRUE	120	Green LED 12V	FW : 16	Dashboard	22	Marron	162	178
TRUE	TRUE	121	Red LED 12V	TSAL : A	TSAL Leds : A	22	Rouge	154	
TRUE	TRUE	122	Supply LED1	DSB Controller : A	Steering Wheel	22	Violet		82
TRUE	TRUE	123	Supply LED2	DSB Controller : B	Steering Wheel	22	Gris		82
TRUE	TRUE	124	Supply LED3	DSB Controller : C	Steering Wheel	22	Rose		82
TRUE	TRUE	125	Supply LED4	DSB Controller : D	Steering Wheel	22	Vert-Jaune		82
TRUE	TRUE	126	Supply LED5	DSB Controller : E	Steering Wheel	22	Marron		82
TRUE	TRUE	127	Supply LED6	DSB Controller : F	Steering Wheel	22	Vert fluo		82
TRUE	TRUE	128	Supply LED7	DSB Controller : G	Steering Wheel	22	Violet		82
TRUE	TRUE	129	Supply LED8	DSB Controller : H	Steering Wheel	22	Gris		82
TRUE	TRUE	130	Supply LED9	DSB Controller : J	Steering Wheel	22	Rose		
TRUE	TRUE	131	Supply LED10	DSB Controller : K	Steering Wheel	22	Vert-Jaune		82
TRUE	TRUE	132	SC in BOTS	BOTS	Dashboard	16	Bleu	180	194
TRUE	TRUE	133	SC in Inertia	BOTS	Inertia Switch	16	Bleu	135	143
TRUE	TRUE	134	SC in TSMS	TSMS	FW : 14	16	Bleu	115	131
TRUE	TRUE	135	SC in TSMS	FW : 14	Inertia Switch	16	Bleu	87	
TRUE	TRUE	138	Batt Fan on	Power Box	FW : 20	22	Jaune	110	130
TRUE	TRUE	139	Batt Fan on	FW : 20	Dashboard	22	Jaune	162	182
TRUE	TRUE	140	LVS on	Power Box	FW : 35	22	Marron	110	130
TRUE	TRUE	141	LVS on	FW : 35	Dashboard	22	Marron	162	178
TRUE	TRUE	142	SC in BSPD	Power Box	BSPD : C	16	Bleu	152	166
TRUE	TRUE	143	SC in Reset	BSPD	AMS et IMD Reset : G	16	Bleu	35	91
TRUE	TRUE	144	Out Button	AMS & IMD reset : D	Reset Button : NO	22	Violet	157	179
TRUE	TRUE	145	Reset LED Signal	AMS & IMD reset	Reset Button : LED+	22	Rose	35	170
TRUE	TRUE	146	In Button	AMS & IMD reset : F	Reset Button : C	22	Gris	35	190
TRUE	TRUE	147	SC out Reset	AMS & IMD reset : G	Right Shutdown Button	16	Bleu	35	343
TRUE	TRUE	148.0	SC in TS	TSAC : 1B	TSMS	16	Bleu	208	220
TRUE	TRUE	148.1	SC in TS	148.0	TS Box : P	16	Bleu	75	82
TRUE	TRUE	149	SC in DSB	LSB	FW : 11	16	Bleu	221	267
TRUE	TRUE	150	SC in DSB	Dashboard	FW : 11	16	Bleu	162	178
TRUE	TRUE	151	SC in LSB	RSB	LSB	16	Bleu	70	100
TRUE	TRUE	152	COM Screen	DSB Controller : 4	Steering Wheel : 3	22	Vert fluo		82
TRUE	TRUE	155	CAN B H	VCU : 57	TS Box : J	24	Jaune	97	102
TRUE	TRUE	156	CAN B L	VCU : 76	TS Box : K	24	Bleu	97	102
TRUE	TRUE	157	GND TSMP	GND Right	MS Plate	16	Noir	130	130
FALSE	FALSE		Tx+	TS Box	TS Box				
FALSE	FALSE		Tx-	TS Box	TS Box				
FALSE	FALSE		Rx+	TS Box	TS Box				
FALSE	FALSE		Rx-	TS Box	TS Box				

A.7. Anejo - Detalle de gastos de Artemiz

Fournisseur	Composant	Département	Montant
SAISON 2024			
ISYRUN Centrale 2023			
1. Conrad N°2023-002272	Pièces banc de dérisquage BMS Batterie	BASTIE	46,97 €
2. Mouser N°2023-004029	Cartes électroniques BMS + Kit de condensateurs	BASTIE	553,54 €
6. SISO N°2023-004791	Bruts Boisard	LASMECA	966,00 €
SISO 2		LASMECA	444,00 €
16. RS Components	Colle Nomex, Cosses, Buzzer	BASTIE	9,46 €
17.Beringer	Freins Artemiz	LASMECA	3 403,68 €
18. Farnell	Câbles LV & Brake Light	BASTIE	12,00 €
ISYRUN Centrale 2024			
2. La Giraudière	Tubes Châssis	CHASEA	8 570,40 €
3. Sens4speed	Capteurs de pression fluide	BASTIE	328,80 €
4, Farnell	Gaines de blindage et accessoires basse tension	BASTIE	771,55 €
8. RS Component	Accessoires électroniq et colle carbone	BASTIE	232,55 €
		LASMECA	164,25 €
FlashCintrage	Cintrage	CHASEA	360,00 €
Noel Metal	Découpe	CHASEA	1 996,20 €
RS Diffusion	Circuit de freinage	LASMECA	748,78 €
RS Components	LEDs & coupe-circuits	BASTIE	178,65 €
RS Components	Résistances et frein filet	CHAIPE	46,17 €
RCV performance	Arbres de transmissions	LASMECA	719,71 €
Plascore	Impact attenuator	CHAIPE	70,81 €
Unitek	Onduleur	CHAIPE	3 576,00 €
Conrad	Cosses	CHAIPE	57,49 €
Sens4Speed	Capterus de vitesses de roues	BASTIE	410,40 €
Farnell	Connecteurs BAMOCAR	BASTIE	284,77 €
RS Components	Consommables BASTIE	BASTIE	302,64 €
PE 2024			
TDI	Visserie	DIVERS	269,96 €
Association 2024			
Best Piles	Cellules batterie maison	MOD	49,14 €
Amazon	Outils pour batterie	MOD	443,24 €
Mouser	Composants banc BMS	MOD	227,52 €
SuperBrightLED	LEDs TSAL	BASTIE	169,76 €

A.8. Anejo - Alineación con los Objetivos del Desarrollo sostenible

ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructuras

El proyecto se enmarca principalmente dentro del ODS 9 debido a su enfoque en la innovación tecnológica en el ámbito de la automoción. La Formula Student es una competición que promueve el desarrollo y la implementación de tecnologías avanzadas en el diseño y fabricación de vehículos. Este proyecto, al abordar el dimensionamiento del cableado, impulsa la innovación en sistemas eléctricos y electrónicos esenciales para el funcionamiento eficiente y seguro del vehículo. Además, el desarrollo y optimización de la batería de alta potencia y otros componentes relacionados fomentan la creación de infraestructuras tecnológicas avanzadas. El apoyo intelectual de los investigadores de la École Centrale de Lyon ha sido crucial, facilitando la transferencia de conocimiento y la colaboración en el desarrollo de soluciones innovadoras, lo que también contribuye al fortalecimiento de la infraestructura educativa y de investigación.

ODS 7: Energía asequible y no contaminante

Aunque en menor medida, este proyecto también contribuye al ODS 7 al centrarse en la eficiencia energética. Los cálculos y estimaciones de consumo energético son fundamentales para optimizar el uso de recursos en el vehículo. Al diseñar un sistema de cableado que transporte señales y energía de la manera más eficiente posible, se minimizan las pérdidas y se maximiza el rendimiento del sistema eléctrico del coche. Esta optimización es crucial para la gestión de la energía en vehículos eléctricos, reduciendo el desperdicio y mejorando la eficiencia general del coche.

ODS 13: Acción por el clima

El proyecto tiene una clara alineación con el ODS 13 al centrarse en la participación en la categoría de vehículos eléctricos. Los vehículos eléctricos son fundamentales para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, ya que no emiten directamente CO2 ni otros contaminantes durante su funcionamiento. Además, si las baterías del vehículo son cargadas con energía proveniente de fuentes renovables, la contribución a la mitigación del cambio climático es aún mayor. Este enfoque en tecnologías limpias y sostenibles resalta el compromiso del proyecto con la acción climática y la reducción del impacto ambiental.

En conclusión, el dimensionamiento del cableado de un coche de la Formula Student no solo representa un avance técnico en la competición, sino que también se alinea con los objetivos globales de desarrollo sostenible. Promueve la innovación y la infraestructura avanzada (ODS 9), mejora la eficiencia energética (ODS 7) y contribuye a la acción por el clima (ODS 13), haciendo de este proyecto una iniciativa integral que aborda múltiples aspectos del desarrollo sostenible.

Bibliografía

[1] Institution of Mechanical Engineers. *Formula Student*. https://www.imeche.org/events/formula-student. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

[2] Formula Student Germany. *Formula Student Germany*. https://www.formulastudent.de/fsg/. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

[3] Formula Student USA. *Formula Student USA*. https://www.formulastudentusa.com/. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

[4] Formula Student Quiz. *Formula Student Quiz*. https://fs-quiz.eu/. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

[5] EPSA Team. *EPSA Team*. https://www.epsa-team.com/index.php/fr/. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

[6] Google Drive. *Folder on Google Drive*. https://drive.google.com/drive/folders/0B25tlJy78Dy7ZVYtRllTRkJTdlE?resourcekey=0-CksV_0-i7f12CHHbXODjiA&usp=drive_link. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

[7] GitHub. *GitHub: Where the world builds software*. https://github.com/. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

[8] EPSA Box. *EPSA Box: Accueil*. https://epsabox.kad-office.com/w/Accueil. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

[9] Ampère Lab. *Ampère Lab*. http://www.ampere-lab.fr/?lang=fr. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

[10] Draw.io. *About Draw.io*. https://www.drawio.com/about. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

[11] CATIA. *CATIA: Productos y Servicios*. https://www.3ds.com/es/productos-y-servicios/catia/. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

[12] International Electrotechnical Commission. *IP Ratings - IEC*. https://www.iec.ch/ip-ratings. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.

[13] Ecole Lamache. *Portes Ouvertes 2023*. https://www.ecolelamache.org/portes-ouvertes-2023/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwnK60BhA9EiwAmpHZw8gD98j9eTq2c
BwE. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2023.

[14] Formula Student Switzerland. *Formula Student Switzerland*. `https://formulastudent.ch/`. Accedido: 2024-07-06. Jul. de 2024.