



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS

Trabajo de fin de Carrera titulado:

“Evaluación del Funcionamiento de un Arnés Eléctrico para un Vehículo Renault Clio para Rally”

Realizado por:

Darwin Fabian Falcón Gómez

Director del proyecto:

MsC. Eli Benjamín Falcon Cárdenas

Como requisito para la obtención del título de:

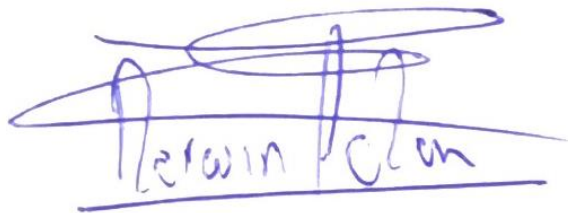
INGENIERO AUTOMOTRIZ

QUITO, Enero del 2025

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Darwin Fabian Falcón Gómez, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 1723042659, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



Darwin Fabián Falcón Gómez

C.I:1723042659

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

Director de proyecto

MsC. Eli Benjamín Falcon Cárdenas

LOS PROFESORES INFORMANTES:

MsC. Edilberto Antonio Llanes Cedeño

MsC. María Gabriela Mancheno Falconí

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa

oral ante el tribunal examinador.

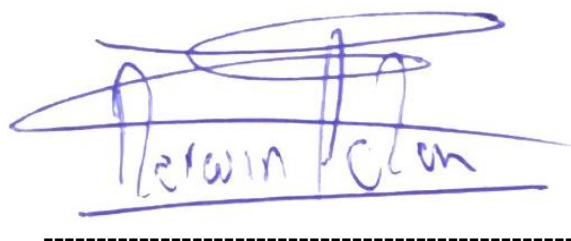
MsC. Edilberto Antonio Llanes Cedeño

MsC. María Gabriela Mancheno Falconí

Quito, 28 de Febrero de 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



Darwin Fabián Falcón Gómez

C.I:1723042659

Agradecimientos

Para empezar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres. Esta tesis ha sido completada por su amor, su apoyo incondicional y sus palabras de aliento constantes. Gracias por confiar en mí y por estar siempre a mi lado, en particular en los momentos más difíciles. Gracias por inculcarme los valores del esfuerzo y la perseverancia; sus sacrificios y comprensión durante todo este proceso son invaluable. Ha sido una fuente constante de inspiración su guía y su ejemplo. A mis hermanos, por ser mi mejor equipo de apoyo y por su apoyo incondicional.

Por último, expreso mi gratitud a todos aquellos que han contribuido al logro de esta meta de una u otra manera. Cada gesto y cada palabra de apoyo han sido un impulso significativo para alcanzar este objetivo.

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo diseñar y evaluar el funcionamiento de un arnés eléctrico para un vehículo de rally específicamente el Renault Clio, para alcanzar un nivel de seguridad y eficiencia adecuado para una competencia de vehículos. Se ha constituido el diagrama eléctrico emulado en el software KiCad, esto hace que sea más fácil de estructurar el tipo y la forma en que se conectan los distintos componentes. También se utiliza como una guía técnica para implementar el arnés al vehículo y como un medio de diagnóstico en caso de alguna falla.

El diseño eléctrico se centra en optimizar el peso total del arnés y en la necesidad de cumplir con las normas impuestas por la FIA, usando como implementos cables tipo K y relés micro ISO de calidad equivalente están diseñados para probar los factores antes mencionados. La conveniencia de la construcción se basa en cálculo de calibre según normativas de AWG asegurando así que el diseño sea óptimo y eficiente.

Los resultados obtenidos del trabajo son la realización de un diagrama eléctrico completo del arnés, la simulación del sistema eléctrico en varias condiciones de funcionamiento y la correcta implementación en el automóvil utilizado para competencias de rally, el vehículo Renault Clio. Por lo tanto, se logró diseñar y construir un sistema eléctrico seguro y confiable que ya se utiliza en competencias de alto nivel, lo que garantiza seguridad, prestaciones y alto rendimiento.

Palabras clave: arnés eléctrico, vehículo de rally, normativas de seguridad, simulación de circuito, sección transversal del cable, estándares AWG.

Abstract

This research aims to design and evaluate the performance of an electrical harness for a rally vehicle specifically the Renault Clio, to achieve a level of safety and efficiency suitable for a vehicle competition. The electrical diagram has been constituted emulated in KiCad software, this makes it easier to structure the type and the way the different components are connected. It is also used as a technical guide to implement the harness to the vehicle and as a means of diagnosis in case of any failure.

The electrical design focuses on optimizing the overall weight of the harness and the need to comply with the standards imposed by the FIA, using as implements type K cables and micro ISO relays of equivalent quality are designed to test the above factors. The convenience of the construction is based on gauge calculation according to AWG regulations thus ensuring that the design is optimal and efficient.

The results obtained from the work are the realization of a complete electrical diagram of the harness, the simulation of the electrical system in various operating conditions and the correct implementation in the car used for rally competitions, the Renault Clio vehicle. Therefore, it was possible to design and build a safe and reliable electrical system that is already used in high-level competitions, which guarantees safety, performance and high performance.

Keywords: electrical harness, rally vehicle, safety regulations, circuit simulation, cable cross-section, AWG standards.

Contenido

Agradecimientos	1
Resumen.....	2
Introducción	1
Antecedentes	2
Planteamiento del Problema	2
Justificación.....	4
Objetivos	4
Objetivos Específicos	4
Hipótesis.....	5
Estudio del Arte.....	5
Importancia del Diseño y Optimización de Arnese Eléctricos Automotrices	5
Normativa AWG y Cálculo de Áreas de Sección Transversal para Cables Eléctricos.....	14
Análisis de fiabilidad de Arnese Eléctricos bajo Condiciones Extremas	17
Regulaciones del Sistema Eléctrico y de Batería en Competiciones de Rally:	
Normativas de la FIA para la Categoría Rally 5	19
Método	21
Parámetros eléctricos de los componentes	22
Cálculos para la selección de la sección transversal del cable.....	32
Selección sección de cable para Alternador	32

Selección de cable para motor de arranque.	35
Selección de cable para luces direccionales	36
Selección de cable para luces guía	39
Selección de cable para luces de retroceso	41
Selección de cable para luces de freno	43
Selección de cable para luces de carretera y cruce	44
Selección de cable para sistema de limpiaparabrisas	46
Selección de cable para bomba de agua del limpiaparabrisas	47
Selección de cable para el claxon	49
Selección de cable para swith general	51
Selección de cable para electroventilador Original	53
Selección de cable para electroventilador Adicional.....	55
Selección de cable para bomba de combustible.	56
Cálculos para la selección de fusibles.....	59
Selección de Relays.....	60
Diagrama del Circuito eléctrico	62
Circuito del Sistema Eléctrico de Luces en EveryCircuit.	64
Sistema de Luces Frontales	64
Sistema de Luces Posteriores	65
Implementación del arnés eléctrico en el vehículo de Rally.....	65
Panel de mando	65

Conformado del Cableado	66
Ruteado del cableado.....	69
Instalación del cableado para Motor de arranque.....	71
Instalación del cableado para Sistema de Luces.....	72
Instalación del cableado para Limpiaparabrisas.....	75
Instalación del cableado para Claxon	76
Instalación del cableado para Electroventiladores	76
Instalación Sensor de Temperatura	78
Instalación Pulsadores Copiloto	78
Instalación Caja de Batería.....	79
Instalación de Panel de Mando.....	81
Evaluación de funcionamiento y fiabilidad del arnés eléctrico implementado en el vehículo.....	82
Resultados Obtenidos.....	84
Parámetros de Simulación	86
Simulación del sistema eléctrico de luces.	87
Discusión de Resultados	92
Normativa FIA Categoría Rally 5	92
Comparativa Arnés original y Arnés Construido	95
Comparación de Resultados con Estudios Previos sobre Arnés Eléctrico en Vehículos.....	97

Conclusiones	99
Recomendaciones.....	100
Bibliografía	101

Lista De Figuras

Figura 1 Cintas Eléctricas	7
Figura 2 Fusibles Ignífugos Automotrices.....	13
Figura 3 Cables De Cobre Flexible Clase K.....	15
Figura 4 Density And Resistivity Of Electrical Conductor Materials	16
Figura 5 Conversión De Conductividad Y Resistividad.....	17
Figura 6 Diagrama De Flujo	22
Figura 7 Datos Técnicos Del Alternador	23
Figura 8 Motor De Arranque	24
Figura 9 Datos Técnicos Motor De Arranque Valeo D7E6.....	24
Figura 10 Faro Posterior	25
Figura 11 Faro Delantero.....	26
Figura 12 Motor De Limpiaparabrisas.....	27
Figura 13 Bomba De Agua Para Limpiaparabrisas	28
Figura 14 Datos Técnicos Claxón.....	28
Figura 15 Swicht General	29
Figura 16 Electroventilador Original	29
Figura 17 Electroventilador Adicional.....	30
Figura 18 Bomba De Combustible	30
Figura 19 Selección Del Material Conductor	32
Figura 20 Selección De Unidades Para La Conversión.....	33
Figura 21 Selección De Cable Para Alternador	35
Figura 22 Selección De Cable Para Motor De Arranque.....	36
Figura 23 Distribución Del Cableado Para Luces Direccionales Y Luces Guías.....	37
Figura 24 Selección De Cable Para Luces Direccionales	39

Figura 25 Selección De Cable Para Luces Guía	40
Figura 26 Distribución De Cableado Para Luces De Retroceso Y De Freno	41
Figura 27 Selección De Cable Para Luces De Retroceso	42
Figura 28 Selección De Cable Para Luces De Freno	43
Figura 29 Distribución Del Cableado Para Luces De Carretera Y Cruce.....	44
Figura 30 Selección De Cable Para Luces De Carretera Y Cruce	45
Figura 31 Distribución Del Cableado Para El Sistema De Limpiaparabrisas	46
Figura 32 Selección De Cable Para Sistema De Limpiaparabrisas	47
Figura 33 Distribución De Cable Para Bomba De Agua Del Limpiaparabrisas.....	48
Figura 34 Selección De Cable Para Bomba De Agua Del Limpiaparabrisas	49
Figura 35 Distribución De Cable Para Claxon	50
Figura 36 Selección Cable De Claxon	51
Figura 37 Distribución De Cable Para Swicht General	52
Figura 38 Selección Cable Swicht General	53
Figura 39 Distribución De Cableado Para Electroventilador	54
Figura 40 Selección De Cable Para Electroventilador Original	55
Figura 41 Selección De Cable Para Electroventilador Adicional.....	56
Figura 42 Distribución De Cableado Para Bomba De Combustible.....	57
Figura 43 Selección De Cable Para Bomba De Combustible.....	58
Figura 44 Datos Técnicos De Fusibles	59
Figura 45 Micro ISO Relays	61
Figura 46 Ficha Técnica De Micro ISO Relays.....	61
Figura 47 Diagrama Esquemático Circuito Eléctrico	63
Figura 48 Diagrama Esquemático Luces Frontales	64
Figura 49 Diagrama Esquemático Luces Posteriores	65

Figura 50 Diseño Panel.....	66
Figura 51 Unión Soldada De Cables.....	67
Figura 52 Recubrimiento Con Material Termo Fundente.....	67
Figura 53 Arnés Construido.....	68
Figura 54 Arnés Con Manguera Espagueti.....	68
Figura 55 Ruteado Cableado Trasero	69
Figura 56 Cableado Trasero.....	70
Figura 57 Ruteado Cableado Delantero	70
Figura 58 Sección Frontal Arnés	71
Figura 59 Cableado Motor De Arranque	71
Figura 60 Cableado Luces De Carretera.....	72
Figura 61 Cableado Luces De Cruce	72
Figura 62 Ruteado Faros Posteriores	73
Figura 63 Socket Faro Posterior	73
Figura 64 Faro Posterior Instalado.....	74
Figura 65 Flasher Para Luces Direccionales.....	74
Figura 66 Comprobación De Palanca De Luces	75
Figura 67 Cableado Limpiaparabrisas	75
Figura 68 Claxon Instalado.....	76
Figura 69 Cableado Electroventiladores	77
Figura 70 Sujeción Electroventilador	77
Figura 71 Sensor De Temperatura Instalado	78
Figura 72 Pulsadores Copiloto.....	78
Figura 73 Base De Batería	79
Figura 74 Caja De Batería Vista Frontal.....	80

Figura 75 Caja De Batería Vista Posterior	80
Figura 76 Conexión De Panel De Mando	81
Figura 77 Prueba En Dinamómetro	83
Figura 78 Fusibles Colocados En El Vehículo	86
Figura 79 Simulación Sistema Eléctrico De Luces.....	88
Figura 80 Panel De Mando Finalizado	90
Figura 81 Luces Frontales Del Vehículo	91
Figura 82 Luces Posteriores Del Vehículo	91
Figura 83 Fusibles Y Relays	92
Figura 84 Pulsadores Copiloto.....	93
Figura 85 Corte De Corriente Genera	93
Figura 86 Anclaje De Batería	94
Figura 87 Manómetros De Temperatura Y Presión.....	95
Figura 88 Comparación De Pesos.....	97

Lista de tablas

Tabla 1 Datos de Fusibles	60
Tabla 2 Resultados del Calculo para la Selección de Calibre.....	84
Tabla 3 Fusibles Seleccionados por Sistema	85
Tabla 4 Posición de Fusibles.....	86
Tabla 5 Datos eléctricos de cada sistema.....	87
Tabla 6 Comparación de Pesos	96

Introducción

Los de vehículos de producción comercial no están diseñados para adaptarse a las necesidades de las competiciones de rally necesitando así modificaciones en la configuración. La competencia por lo general requiere extensas adaptaciones de partes diferentes en los vehículos, no solo para desempeño en la pista, sino también para seguridad y durabilidad en varias condiciones extremas. Un área de enfoque sería el sistema eléctrico. Esto incluye el arnés eléctrico que debe rediseñarse para asegurar que la distribución de energía dentro del sistema sea efectiva en situaciones extremas además de optimizar el peso.

Con el fin de comprobar si el sistema proporciona los parámetros de seguridad y eficiencia necesarios para la participación en la competencia y si los dispositivos están correctamente seleccionados e instalados, el presente estudio fue realizado con la ayuda de varios desarrollos y simulaciones, entre ellos KiCad y EVERYCIRCUIT, para representar la interacción de la mayoría de los elementos eléctricos fundamentales.

Entre los puntos de mayor interés en el dimensionamiento del arnés eléctrico cuenta la reducción del peso. Con un arnés más ligero es más dinámico y el desenvolvimiento completo sólo puede mejorar. Con el fin de cumplir con los estándares de la Federación Internacional del Automóvil (FIA) y los establecidos por American Wire Gauge (AWG) para cables automotrices se seleccionaron cables tipo K y relés micro ISO, se evaluaron las propiedades eléctricas y la ligereza de los conductores, Al mismo tiempo, con cálculos llevados a cabo de acuerdo a la normativa American Wire Gauge (AWG) se aseguró que cualquier conductor seleccionado cumpla con los estándares de seguridad.

Antecedentes

En términos de autores respetados en el tema del diseño y optimización de arnés eléctricos, Wang y Li (2019) discuten sobre la necesidad de Condiciones de Gestión Térmica; así como la eficiencia de las demandas de cableado en un automóvil eléctrico. Los autores diseñaron la escala de su investigación en por qué los arneses de su creación deben ser específicamente diseñados para el propósito que tendrá un vehículo determinado.

Kim y Lee (2017) proporcionaron el desarrollo de arnés eléctricos para vehículos todoterreno; esta investigación se centra en la durabilidad y la flexibilidad de las degradables carreteras. Se habla también de una gran demanda por la longitud de un cable eléctrico en un arnés para deportes de motor y rallys de Nguyen y Tran (2018).

Todos esos estudios en el campo proporcionarán datos y asistencia integral en precedentes al proyecto, ya que este proyecto se centrará en el diseño y la evaluación de un arnés determinado para el vehículo de rallye Renault Clio. utilizando Conocimientos avanzados y mejores prácticas identificadas sobre la materia mediante los estudios anteriores, este proyecto buscará desarrollar un arnés que logre los estándares y medidas de seguridad y rendimiento, según lo estipule la legislación vigente.

Además, se prestará atención a los datos y el desarrollo de la selección de los materiales y los componentes, tomando en cuenta medidas de conductividad eléctrica. Los estudios previos relacionados con el tema me permitirán mejorar la realización del desarrollo del objetivo

Planteamiento del Problema

La adaptación del sistema eléctrico de un vehículo comercial para rally plantea requisitos sustanciales, como la necesidad de rediseñar el cableado. Los arneses eléctricos

originales están configurados con el fin de cumplir las normativas de comodidad y seguridad urbana normales; incluyen muchos componentes innecesarios para el circuito, de modo que este conjunto resulta en un exceso de peso y poco eficiente diseño en un ambiente de gran rendimiento.

En competencias de rally, cada gramo de peso adicional influye en la dinámica de conducción; así, la distribución del arnés eléctrico debe estar optimizada en términos de ruteado, material y reducción de peso, sin que por ello se afecte la estabilidad o capacidad de funcionamiento extremo ni se comprometa en modo alguno la integridad.

Además, un arnés eléctrico creado sin una planificación previa podría contener problemas con la conexión de los componentes, sobrecarga de los conductores, falta de distribución de la corriente, mantenimiento o reparación casi de imposible realización, provocando fallas eléctricas inesperadas durante la competición que limiten el rendimiento del vehículo y redundar en la vida del piloto y copiloto. Por esos motivos, resulta imprescindible que ese diseño se realice de forma estudiada y metódica

Por lo tanto, con los antecedentes mostrados, el problema que la presente investigación busca abordar es: Desarrollo del arnés eléctrico específico de Renault Clio adaptado para rally. ¿Es posible lograr un diseño óptimo de arnés que permita al arnés cumplir su función crítica en el vehículo? Este estudio tiene como objetivo responder a esta pregunta utilizando los programas de diseño y simulación avanzados KiCad y EVERYCIRCUIT. Lograr la meta contribuirá a la seguridad y rendimiento del vehículo en una competencia de rally

Justificación

Según Johnson (2018), otra problemática es que los sistemas eléctricos actuales de vehículos comerciales también tienen déficit de eficiencia y durabilidad en comparación con las regulaciones de competencia. De este modo, el arnés eléctrico contribuiría al desarrollo de una solución para mejorar la eficiencia y fiabilidad de los vehículos de rally para competiciones automovilísticas intensivas.

Dado que un arnés diseñado como nueva solución para prepararlo a las demandas del rally será más ligero, gestionará la energía condicional con mayor eficiencia y se adaptará mejor a las condiciones adversas del terreno y del clima será de mayor uso que arnés original creado inicialmente (Martinez, 2015).

Esta tesis se centrará en el diseño, la implementación y la evaluación de un arnés eléctrico para un vehículo de rally, con el objetivo de mejorar su eficiencia y fiabilidad

Objetivos

Evaluar el funcionamiento y fiabilidad de un arnés eléctrico de un vehículo Renault Clio de rally mediante el uso de softwares y equipos especializados para cumplir con la normativa vigente.

Objetivos Específicos

- Diseñar el diagrama eléctrico completo para el arnés del sistema eléctrico del vehículo de rally basándose en las normativas vigentes para asegurar el funcionamiento óptimo y seguro de todos sus componentes.
- Simular el circuito eléctrico utilizando el software especializado EVERYCIRCUIT, para analizar y evaluar la eficiencia del circuito.

- Instalar el sistema eléctrico y los componentes correspondientes del vehículo de acuerdo con los cálculos realizados para que se cumpla la normativa AWG.
- Evaluar la eficiencia y fiabilidad del arnés en términos de peso y seguridad a través de análisis comparativo y pruebas en un dinamómetro.

Hipótesis

Si se desarrolla y evalúa un arnés eléctrico para vehículos de rally, se observará una mejora significativa en la eficiencia, la fiabilidad del vehículo, ya que es un sistema sencillo, pero con mucha seguridad para evitar fallas del sistema, así como también un fácil mantenimiento.

Estudio del Arte

Importancia del Diseño y Optimización de Arneses Eléctricos Automotrices

La ingeniería automotriz ha buscado investigar el diseño y optimización de arneses eléctricos de vehículos automotrices, y una general mejora en el rendimiento y la fiabilidad. El SETUP y la integración de sistemas automatizados generan áreas relevantes de investigación en la ingeniería del automóvil, la electrónica de potencia y las tecnologías vehiculares de competición expuestas a exigentes condiciones.

Al referirse a los vehículos de rally, Smith (2018) indica que los arneses eléctricos utilizados son muy diferentes de los vehículos comerciales en general, tanto en diseño y función. El autor declara claramente los arneses de los vehículos empleados en las condiciones de competencia de rally están sometidos a altas vibraciones, impactos, y las temperaturas, lo que les convierte en hacer la tecnología de construcción y el material requerido. Por, por ejemplo, los recubrimientos de kevlar reforzado se diseñan a medida para resistir el abrasivo uso a menudo asociado con el rally.

Smith (2018), indica que cuando se trata de vehículos de rally, los arneses eléctricos que se usan difieren significativamente de los comúnmente utilizados en diseño y función. El autor señala expresamente que los arneses de los vehículos que operan en condiciones de competencia de rally a menudo enfrentan vibraciones extremas, golpes y temperaturas que los hacen exigir tecnología de construcción específica y material. Explica, por ejemplo, que se usan balas de coberturas de kevlar reforzadas específicamente a medida para el alto nivel de uso abrasivo en rally.

Luego, los arneses de rally son más cortos y livianos en comparación con sus contrapartes cotidianas, lo que reduce el peso total del vehículo. En el contexto de una competencia de rally con una duración relativamente corta y con extremadamente altas tasas de vibración e impacto, el calentamiento insuficiente del cable no es un problema importante. Sin embargo, en el contexto de una competencia de larga distancia, esta será una cuestión central.

Los arneses eléctricos son una solución para la resistencia eléctrica garantizando al menos la plena ejecución de todos los sistemas eléctricos del automóvil en todo momento en un entorno estresante. En un entorno donde la velocidad y los terrenos cambiantes siempre presentan una cantidad significativa de desafío para los ingenieros automotrices, un sistema eléctrico estándar es igualmente responsable de la confiabilidad de un automóvil.

Siempre es una buena medida buscar y garantizar soluciones que no solo tengan un rendimiento superior en términos de rendimiento, sino que también tengan una confiabilidad envidiable en condiciones extremas (Williams, 2017).

Esa es la razón por la que es necesario crear arneses eléctricos flexibles que sean adecuados y confiables para los vehículos deportivos de competición Exponer más allá del Rally.

Kim & Lee (2020) resuelven el problema de las condiciones extremas del terreno fuera de carretera al diseñar un arnés eléctrico que integra materiales flexibles y resistentes, así como una disposición de cables que minimiza el riesgo de daños por golpes, vibraciones y sacudidas durante la conducción off-road.

Además, utilizan métodos de sellado y protección para evitar que la humedad, la suciedad y otros contaminantes ingresen al arnés eléctrico en condiciones adversas.

Para proteger el arnés eléctrico de la humedad, Kim & Lee (2020) se utilizan cintas eléctricas de cauchos en los componentes expuestos y utilizan materiales resistentes a la corrosión en las conexiones eléctricas como lo muestra la *Figura 1*.

Figura 1

Cintas eléctricas



Fuente: 3M Ecuador (2023)

Además, utilizan juntas de goma herméticas y juntas de silicona en los puntos de entrada y salida de los cables para evitar que entre agua y otros líquidos mientras se conduce en terrenos húmedos o lluvia.

El uso de este método permite que el sistema eléctrico del vehículo funcione al máximo en las condiciones más difíciles de los terrenos de carretera, mejorando así la fiabilidad y la seguridad del vehículo en competiciones de rally y otras actividades off-road.

La investigación de Q. Nguyen trata sobre el uso del cable ideal en relación con el calibre para garantizar una transferencia eficiente de energía eléctrica en arneses eléctricos que se utiliza para las carreras de motorsport, varios factores fueron considerados incluyendo el amperaje máximo para correr dentro del receptáculo de empalme, la longitud total del arnés eléctrico y el amperaje que se diseñó para correr en el cable Q. Nguyen, 2023.

Además, se tuvieron en cuenta las pérdidas de potencia debidas a la resistencia del cable, las cuales pueden afectar significativamente la eficiencia del sistema eléctrico. Para calcular estas pérdidas, se utilizó la ley de Ohm, que establece la relación entre la corriente eléctrica, la resistencia y el voltaje en un circuito. La ecuación (1) describe la ley, mostrada a continuación.

$$V = I \times R \quad (1)$$

Donde V es el voltaje en voltios, I es la corriente en amperios y R es la resistencia en ohmios.

Se presentan datos sobre la potencia de otros componentes que forman parte del circuito, lo cual también se deriva de la Ley de Ohm, proporcionando una visión completa de las demandas eléctricas del sistema.

$$W = V \times I \quad (2)$$

Otro aspecto importante considerado en la selección del calibre del cable es la caída de voltaje, que ocurre cuando la resistencia del cable provoca una disminución en el voltaje a lo largo de su longitud. Para calcular la caída de voltaje, se utilizó la ecuación:

$$V_d = I \times R \quad (3)$$

Donde V_d es la caída de voltaje en voltios, I es la corriente en amperios, R es la resistencia del cable en ohmios

Se evaluaron las condiciones operativas variables que representa el arnés de cables mientras competía, recogiendo golpes, vibraciones y diferentes temperaturas. Lo anterior permitió asegurar la durabilidad y la fiabilidad del sistema eléctrico en condiciones extremas (Q. Nguyen, 2023).

En general, los ensayos presentados son muy válidos para comprender los desafíos y las posibilidades que ofrece el diseño y la optimización del arnés eléctrico para un automóvil. Lo anterior conllevó a la necesidad de prestar especial atención al tipo de conductor, alcanzando a evaluar el calentamiento de la corriente nominal, el encendido y las luces para condiciones normales y de emergencia. Esto fue necesario para lograr las condiciones óptimas en términos de performance y seguridad del sistema eléctrico (Q. Nguyen, 2023)..

Se consideraron las condiciones operativas variables a las que estaría expuesto el cable durante la competición, como vibraciones, golpes y cambios de temperatura. Esto ayudó a garantizar la durabilidad y fiabilidad del sistema eléctrico en condiciones extremas.

En general, los estudios proporcionados son relevantes para comprender los desafíos y las oportunidades que implica diseñar y optimizar un arnés eléctrico para automóviles. Se destacó la necesidad de ser meticulosos al elegir el tipo de cable, comenzando con las cargas nominales de calentamiento, encendido y luces para condiciones normales y de emergencia. Esto se hizo para garantizar la optimización y la seguridad en el rendimiento del sistema eléctrico de un vehículo.

En cuanto a los fusibles usados en una competencia de rally, una vez más, el estudio de Smith & Jones ha investigado la necesidad de los fusibles en un vehículo. La conclusión principal de los autores es que el propósito de los fusibles en una competencia radica en la seguridad y protección del auto y del conductor en condiciones de operación extremas.

Smith & Jones (2018), hablan sobre los fusibles y como estos ayudan a prevenir la sobrecarga y el cortocircuito, lo que dañaría la actividad del sistema eléctrico de la competencia. También, cuando se produce un mal funcionamiento en el circuito, los fusibles desempeñan un papel en la interrupción automática de la corriente para evitar mayores daños a los sistemas eléctricos y electrónicos del automóvil.

Según la literatura especializada, los fusibles contribuyen mucho a la seguridad en las carreras. Un estudio de García y Martínez dice que los fusibles influyen significativamente en la disminución de los incendios y otros inconvenientes eléctricos ocasionados por fallos del sistema eléctrico del automóvil durante la competencia.

Según Smith & Jones (2018), los fusibles evitan el exceso y los cortocircuitos que podrían dañar el funcionamiento del sistema eléctrico durante la competencia. Adicionalmente, cuando se detecta un problema en el circuito, los fusibles automaticen la

interrupción del flujo de la corriente para evitar daños más extendidos en los sistemas eléctricos y electrónicos del automóvil.

Los fusibles contribuyen significativamente a la seguridad en el rally, según la literatura especializada. Un estudio de García y Martínez revela que los fusibles tienen un efecto importante en la reducción de incendios y otros accidentes eléctricos relacionados con las fallas del sistema eléctrico del automóvil durante la competencia. Tienen un impacto estructural y funcional en el vehículo al proteger los circuitos eléctricos de la sobrecarga y el cortocircuito.

Esa condición garantiza al piloto y el copiloto unas condiciones seguras para la conducción. Esa condición juega un papel vital en la identificación y la corrección de fallas eléctricas durante la competencia. Una fuente señala que los fusibles ayudan en la “identificación humana rápida y corregir el error”.

Se concluyeron las variables operativas a las que estaría sometido el cable usado durante la competición entre las que destacan las vibraciones, impactos cambios de temperatura. De esa manera en condiciones extremas se logró la durabilidad y fiabilidad del sistema eléctrico.

A partir de estos estudios, se establece el marco general de las dificultades y la solución en el proceso de diseño, la optimización de los arneses eléctricos para automóviles. Importante en el artículo es la información sobre el uso de materiales resistentes a la corrosión y recubrimientos que son impermeables en el sistema para protegerlo de condiciones ambientales adversas entre otras.

También, se describe la elección correcta del cable dependiendo de las características de la

carga inicial y el arranque y las luces regulares a la intensidad y una situación crítica para considerar cuidadosamente las paradas voltaje, la intensidad para garantizar un alto rendimiento del sistema eléctrico del automóvil de manera segura.

La importancia de los fusibles en la competición en rally radica en la seguridad durante la conducción en situaciones de desempeño extremas. La función del uso de los fusibles es la constatación en el artículo de Smith y Jones: “fusibles únicos y de gran capacidad sufren un aumento de la demanda en la competición en rally en automóviles moderno”. Los fusibles son esenciales para la competición debido a que son capaces de controlar y apagar cortocircuitos eléctricos que puedan dañar el sistema del vehículo durante la competencia.

Cuando exista una falla en el circuito, los fusibles trabajan como dispositivos de protección reinicio del flujo de corriente en el sistema, protegiendo los componentes eléctricos y electrónicos de un vehículo de daño serio y fatal. En la competición de rally, los fusibles garantizan la seguridad y la protección. A través de la investigación de Smith y Jones se muestra que los cortocircuitos eléctricos causan daños incalculables en el sistema de los vehículos durante la competencia. Añaden que los fusibles son una excelente opción para reducir el número de incendios eléctricos durante una competencia de rally, estos fusibles son mostrados en la Figura 2

Figura 2

Fusibles ignífugos automotrices



Fuente: LittlelFuse (2022)

La reducción en el peso de los arneses utilizados en la competencia de rally es crítico para aumentar el rendimiento del vehículo y su competitividad. Hasta cierto punto, este problema se puede solucionar a través de enfoques integrados que no solo se centran en la reducción de peso. Desde este punto de vista, por lo tanto, un gran desafío asociado con arneses para vehículos de rally es la capacidad de reducir el peso sin perder la capacidad de soportar un estrés serio y sin perder su durabilidad.

Johnson (2018), sin embargo, observa varias técnicas de diseño y materiales avanzados que abordan este delicado equilibrio. Por lo tanto, el material de este trabajo, o, lo más probable, es un estudio sobre la reducción de peso, mismo que se vuelve especialmente crítico para que los vehículos comerciales adaptados para rally requieran menos peso del arnés, ya que cada gramo se toma en consideración para el rendimiento. Este enfoque focalizado en la eficacia del diseño, por lo tanto, proporciona lecciones que serán útiles en el desarrollo del arnés para el Renault Clio.

El diseño se lleva a cabo mediante el uso de técnicas para diseño que, a pesar de no estar comprometiendo la fiabilidad disminuyen el peso de la carga del arnés eléctrico. Esto se produce tanto por el uso de materiales como por la incorporación de cables en un espacio reducido. En el primer aspecto, se plantean variantes para lograr un menor tamaño de los elementos que los componen, simultáneamente con un mejor rendimiento energético, lo que disminuye el total de electricidad al que el auto está suministrando a los sistemas lo que se traduce en carga del motor.

Esto se convierte en un fenómeno global, por ejemplo, cuando se adoptan conectores de menor tamaño o cuando se adopta un cable de menor diámetro, pero se adapta a los requisitos de rendimiento necesarios para la competencia. Dan et al. además, Informó sobre la consideración de la disipación del calor al diseñar arneses eléctricos, lo que también es fundamental para muchas restricciones en el peso al eliminar material excesivo y racionalizar la ubicación de componentes.

Normativa AWG y Cálculo de Áreas de Sección Transversal para Cables Eléctricos.

El estudio estará basado en la normativa estándar para calcular las áreas nominales de sección transversal de los cables eléctricos, como se describe en la especificación estándar para los diámetros nominales y las áreas de sección transversal de los tamaños AWG utilizados como conductores eléctricos. En la Figura 3 se puede encontrar detalles físicos del cable tales como Diámetro el Área de sección transversal, numero de hilos, diámetro de hilos, diámetro exterior del cable.

Figura 3*Cables de cobre Flexible Clase K*

Calibre AWG ó kcmil	Area mm ²	Número Total de Hilos	Formación	Diámetro del Hilo mm	Diámetro del Cable Aproximado mm
1000	506.7	10101	37 x 7 x 39	0.254	36.0
900	456.0	9065	37 x 7 x 35	0.254	33.6
800	405.4	7980	19 x 7 x 60	0.254	33.1
750	380.0	7581	19 x 7 x 57	0.254	32.4
700	354.7	6916	19 x 7 x 52	0.254	30.7
650	329.4	6517	19 x 7 x 49	0.254	29.6
600	304.0	5985	19 x 7 x 45	0.254	28.6
550	278.7	5453	19 x 7 x 41	0.254	26.8
500	253.4	5054	19 x 7 x 38	0.254	25.1
450	228.0	4522	19 x 7 x 34	0.254	23.7
400	202.7	3990	19 x 7 x 30	0.254	22.3
350	177.3	3458	19 x 7 x 26	0.254	20.5
300	152.0	2989	7 x 7 x 61	0.254	19.5
250	126.7	2499	7 x 7 x 51	0.254	17.3
4/0	107.2	2107	7 x 7 x 43	0.254	15.9
3/0	85.03	1666	7 x 7 x 34	0.254	13.5
2/0	67.43	1323	7 x 7 x 27	0.254	11.9
1/0	53.48	1064	19 x 56	0.254	11.5
1	42.41	836	19 x 44	0.254	10.1
2	33.63	665	19 x 35	0.254	8.59
3	26.67	532	19 x 28	0.254	7.72
4	21.15	420	7 x 60	0.254	6.91
5	16.77	336	7 x 48	0.254	5.97
6	13.30	266	7 x 38	0.254	5.33
7	10.55	210	7 x 30	0.254	4.55
8	8.366	168	7 x 24	0.254	3.99
9	6.634	133	7 x 19	0.254	3.81
10	5.261	104	1 x104	0.254	3.20
12	3.309	65	1 x 65	0.254	2.57
14	2.081	41	1 x 41	0.254	1.98
16	1.309	26	1 x 26	0.254	1.52
18	0.8230	16	1 x 16	0.254	1.22
20	0.5176	10	1 x 10	0.254	0.97
22	0.3255	7	1 x 7	0.254	0.76
Normas de fabricación	NTC-ICONTEC 1865, ASTM B172. Grupos de bunchados				
	NTC-ICONTEC 1817, ASTM B174. Individuales de bunchados				

Fuente: Centelsa (2021)

La Figura 4 proporciona características como la densidad y la resistividad eléctrica de los cables, las cuales son fundamentales para garantizar el mejor material conductor a elegir tomando en cuenta la disponibilidad en el mercado local y el propósito para el cual está diseñado

Figura 4

Density and Resistivity of Electrical Conductor Materials

Material	Density, δ , at 20°C, g/cm ³	Resistivity ^A , ρ , at 20°C, Ω ·lb/mile ²	Material	Density, δ , at 20°C, g/cm ³	Resistivity, ρ , at 20°C Ω ·lb/mile ²
Copper (Specifications B 1, B 2, B 3, B 33, B 47 and B 189), Volume Conductivity, % IACS:			Aluminum-Clad Steel (Specification B 415)	6.59	3191
100	8.89	875.20	Copper-Clad Steel (Specification B 227):		
97.66	8.89	896.15	Grade 30 HS	8.15	2728
97.16	8.89	900.77	Grade 30 EHS	8.15	2728
96.66	8.89	905.44	Grade 40	8.15	2045
96.16	8.89	910.15	Grade 40 EHS	8.15	2045
94.16	8.89	929.52	Galvanized Steel (Telephone and Telegraph) (Specification A 111):		
93.15	8.89	939.51	Class A Coating:		
Bronze (Specification B 9):			Grade EBB (Non-Copper Bearing)	7.78	5000
Class A	8.89	2188	Grade BB (Copper Bearing)	7.78	5800
Class B	8.89	1346	Grade BB (Non-Copper Bearing)	7.78	5600
Class C	8.89	1094	Class B Coating:		
Copper Alloys (Specification B 105 ⁵):			Grade EBB (Non-Copper Bearing)	7.78	4900
Grade 8.5	8.78	10 169	Grade BB (Copper Bearing)	7.78	5600
Grade 13	8.78	6649	Grade BB (Non-Copper Bearing)	7.78	5450
Grade 15	8.54	5605	Class C Coating:		
Grade 20	8.89	4376	Grade EBB (Non-Copper Bearing)	7.78	4800
Grade 30	8.89	2917	Grade BB (Copper Bearing)	7.78	5600
Grade 40	8.89	2188	Grade BB (Non-Copper Bearing)	7.78	5400
Grade 55	8.89	1591	Grade BB (Non-Copper Bearing)	7.78	5300
Grade 65	8.89	1346	Galvanized Steel (Telephone and Telegraph) (Specification A 326):		
Grade 74	8.89	1183	Class A Coating:		
Grade 80	8.89	1094	Grade 85	7.83	5800
Grade 85	8.89	1030	Class B Coating:		
Aluminum, 1350 (Specifications B 230/B 230M, B 314, and B 609/B 609M), Volume Conductivity, % IACS:			Grade 135	7.83	6500
61.8	2.705	430.91	Grade 85	7.80	5600
61.2	2.705	435.13	Grade 135	7.80	6300
61.0	2.705	436.56	Class C Coating:		
Aluminum Alloys (Specifications B 396 and B 398/B 398M)			Grade 85	7.77	5400
Alloy 5005-H19	2.70	496.84	Grade 135	7.77	6100
Alloy 6201-T81	2.69	504.43			
Aluminum Alloy 8000 Series (Specification B 800) Volume Conductivity, % IACS:					
61.0	2.71	437.36			

Fuente:(ASTM, 2021b)

La densidad del material conductor, como se especifica en la

Figura 4, es un parámetro crítico porque afectará directamente al peso de todo el cable. En el mundo del rally, donde cada gramo cuenta, se asegurará de que, al elegir el material con la densidad correcta, el peso del arnés vinculado se minimizará sin afectar su integridad y función.

Otro fue la resistividad eléctrica de los materiales conductores, también mencionada en la tabla anterior. Asegurará la transferencia eficaz de energía eléctrica desde y hacia la batería. Sa afectará la capacidad del cable para conducir una cantidad sancionada de corriente eléctrica sin energía significativa. Sin embargo, un material con baja resistividad es preferido

en aplicaciones de alto rendimiento. Implicará que, en el rendimiento de rally, la eficiencia energética contribuye al rendimiento del vehículo Johnson (2019)..

En la Figura 5 se encuentra la operación matemática la cual nos permitirá trasladar la conductividad eléctrica del material a seleccionar a unidades del SI.

Figura 5

Conversión de conductividad y resistividad

Given $N \rightarrow$ Perform indicated operation to obtain $\downarrow$	Volume Resistivity at 20°C				Weight Resistivity at 20°C		Conductivity at 20°C	
	$\Omega \cdot \text{cmil/ft}$	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	$\mu\Omega \cdot \text{in.}$	$\mu\Omega \cdot \text{cm}$	$\Omega \cdot \text{lb/mile}^2$	$\Omega \cdot \text{g/m}^2$	% IACS (Volume Basis)	% IACS (Weight Basis)
Volume Resistivity at 20°C								
$\Omega \cdot \text{cmil/ft}$	...	$N \times 601.52$	$N \times 15.279$	$N \times 6.0153$	$N \times 0.10535 \times (l/\delta)$	$N \times 601.53 \times (l/\delta)$	$(l/N) \times 1037.1$	$(l/N) \times 9220.0 \times (l/\delta)$
$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	$N \times 0.0016624$	...	$N \times 0.025400$	$N \times 0.010000$	$N \times 0.00017513 \times (l/\delta)$	$N \times (l/\delta)$	$(l/N) \times 1.7241$	$(l/N) \times 15.328 \times (l/\delta)$
$\mu\Omega \cdot \text{in.}$	$N \times 0.065450$	$N \times 39.370$	...	$N \times 0.39370$	$N \times 0.0068950 \times (l/\delta)$	$N \times 39.370 \times (l/\delta)$	$(l/N) \times 67.879$	$(l/N) \times 603.45 \times (l/\delta)$
$\mu\Omega \cdot \text{cm}$	$N \times 0.16624$	$N \times 100.00$	$N \times 2.5400$	...	$N \times 0.017513 \times (l/\delta)$	$N \times 100.00 \times (l/\delta)$	$(l/N) \times 172.41$	$(l/N) \times 1532.8 \times (l/\delta)$
Weight Resistivity at 20°C								
$\Omega \cdot \text{lb/mile}^2$	$N \times 9.4924 \times \delta$	$N \times 5710.0 \times \delta$	$N \times 145.03 \times \delta$	$N \times 57.100 \times \delta$	...	$N \times 5710.0$	$(l/N) \times 9844.8 \times \delta$	$(l/N) \times 87520 \times \delta$
$\Omega \cdot \text{g/m}^2$	$N \times 0.0016624 \times \delta$	$N \times \delta$	$N \times 0.025400 \times \delta$	$N \times 0.010000 \times \delta$	$N \times 0.00017513$	...	$(l/N) \times 1.7241 \times \delta$	$(l/N) \times 15.328 \times \delta$
Conductivity at 20°C								
% IACS (volume basis)	$(l/N) \times 1037.1$	$(l/N) \times 1.7241$	$(l/N) \times 67.879$	$(l/N) \times 172.41$	$(l/N) \times 9844.8 \times \delta$	$(l/N) \times 1.7241 \times \delta$	...	$N \times 0.11249 \times \delta$
% IACS (weight basis)	$(l/N) \times 9220.0 \times (l/\delta)$	$(l/N) \times 15.328 \times (l/\delta)$	$(l/N) \times 603.45 \times (l/\delta)$	$(l/N) \times 1532.8 \times (l/\delta)$	$(l/N) \times 87520$	$(l/N) \times 15.328$	$N \times 8.89 \times (l/\delta)$	...

Fuente: ASTM (2021a)

Análisis de fiabilidad de Arnese Eléctricos bajo Condiciones Extremas

Para garantizar que los sistemas eléctricos funcionen de manera segura y fiable en competiciones de rally, es esencial evaluar la fiabilidad de los arneses eléctricos en condiciones extremas.

El estudio de Q. Nguyen (2023) sobre la fiabilidad de los arneses eléctricos en condiciones de ciclos térmicos y vibración es particularmente relevante en este contexto.

Este estudio destaca la importancia de desarrollar arneses eléctricos capaces de soportar las condiciones extremas a las que están expuestos los vehículos en las competiciones.

Para garantizar la seguridad y el rendimiento del vehículo, el arnés eléctrico debe poder soportar estas condiciones adversas sin comprometer su integridad estructural o funcionalidad lo cual.

Otro factor crucial para evaluar la fiabilidad de los arneses eléctricos en condiciones extremas es la elección del calibre del cable. H. G. Nguyen et al. (2020) investigan este tema y sugieren métodos para elegir el calibre de cable ideal.

Las combinaciones de calibre y cable anteriores deben asegurar una eficiencia en la transferencia de la energía eléctrica y una resistencia en el arnés eléctrico que se están utilizando para la operación necesaria en el entorno desafiante. Varios métodos de prueba evalúan la fiabilidad del arnés eléctrico en un rally.

Estas pruebas ofrecen una evaluación completa del rendimiento del arnés eléctrico en situaciones estresantes extremas. Los investigadores también pueden implementar el rendimiento del arnés eléctrico en casos de la vida real y recopilar datos prácticos sobre su rendimiento. Por ejemplo, Patel & Sharma discuten cómo esta investigación se basa en extensas pruebas de laboratorio y campo.

Al hacer que sus resistentes pruebas, los investigadores pueden identificar ciertos aspectos del diseño del arnés eléctrico que pudieron haber sido un área débil y contribuir a rediseñarlos, para así tener un rendimiento óptimo en el evento de rally.

Algunas de las pruebas que se realizan en bancos de pruebas especializados incluir pruebas de carga, pruebas de resistencia a la vibración y pruebas de resistencia al calor, entre otros. Además. Instrumentación altamente precisa utilizado para tomar lecturas y mediciones detalladas mientras se ejecutan las pruebas. Las pruebas en una competición de rally real y en

una competencia de rally son las pruebas más importantes y son esenciales. para probar el arnés eléctrico en condiciones adversas y cambiantes.

Las condiciones de funcionamiento del vehículo se monitorean continuamente y los datos sobre el desempeño del arnés se toman electricidad en situaciones de alto estrés. Los datos tomados durante estas pruebas se utilizarán para iterar el arnés eléctrico y sus prueba ara futuras competencias.

La determinación del rendimiento de los sistemas eléctricos en el estudio, tiene un papel crucial, ya que el rendimiento a través de la evaluación de la seguridad y las garantías fiables. El estudio apoyó el hecho de que hay instancias críticas en el sistema eléctrico que son el diseño de enganches de material y estructural, así como el material utilizado en el que se pueden encontrar mejoras utilizando ensayos de análisis de falla, y las pruebas de vida a complementar.

Asimismo, el rendimiento de seguridad de los vehículos competidores se basa en la fiabilidad del arnés eléctrico bajo competencia todoterreno. Por lo tanto, la fiabilidad y el rendimiento de estos arneses en condiciones extremas de operación se lograron considerando la resistencia del material, las estrategias de fabricación, la alta calidad de enganche y el calibre del cable.

Regulaciones del Sistema Eléctrico y de Batería en Competiciones de Rally: Normativas de la FIA para la Categoría Rally 5

Refiriéndose a las regulaciones del reglamento FIA, hay varias limitaciones para el sistema eléctrico de la estructura de Rally 5. El voltaje máximo permitido es 16 voltios, y cualquier tipo de lámparas se puede usar para el elemento de inyector o sistemas de iluminación que puede ser lámpara de lanzamiento o LED (FIA, 2023)..

Si no representan una amenaza para la seguridad del vehículo existente, también se pueden instalar o reemplazar medidores adicionales que se refiera a la velocidad. El velocímetro es teóricamente imposible quitar si el reglamento complementario de la competencia no lo prohíbe (FIA, 2023).

El sistema eléctrico también se puede expandir al agregar fusibles. Las cajas de fusibles pueden moverse o quitar según sea necesario b. Adicionalmente, hay algunas pautas para la marca, el tipo y el lugar de las baterías, ya que puede elegir la marca, la capacidad y el cableado de la batería, pero debe mantener el número de celdas. La batería en un catálogo de producción a gran escala o en partes de eventos regulados nivelados con capacidad de 250 Ah al menos y peso de 8 kg.(FIA, 2023).

La batería debe estar detrás de la base del asiento del conductor o del copiloto en la cabina o en el compartimento del motor en su ubicación original. En caso de que la batería sea de tipo húmeda y esté ubicada dentro de la cabina del vehículo debe estar fijada y resguardada por una caja metálica la cual debe evitar el movimiento de la batería dentro del habitáculo del vehículo protegiendo a los ocupantes en caso de colisión o volcamiento y se permite un corte de corriente en la cabina para garantizar la seguridad eléctrica del vehículo durante la competición(FIA, 2023).

Resulta fundamental que los arneses eléctricos de los automóviles sigan evolucionando debido a la competencia y los avances tecnológicos en la industria automotriz. Para garantizar esto, seguirán las normas establecidas por la FIA. Es posible desarrollar arneses eléctricos más eficientes, fiables y adaptables a las demandas del mercado actual al combinar materiales avanzados, técnicas de fabricación innovadoras y consideraciones regulatorias.

Método

En la investigación cualitativa, se usará el enfoque Descriptivo, y el propósito de su uso es ayudar a comprender si el arnés eléctrico es confiable y cómo funciona. La primera parte del enfoque trata sobre la creación de un diseño detallado del arnés, tratando de seguir los estándares de la FIA y los criterios de AWG para seleccionar modelos de cable adecuados.

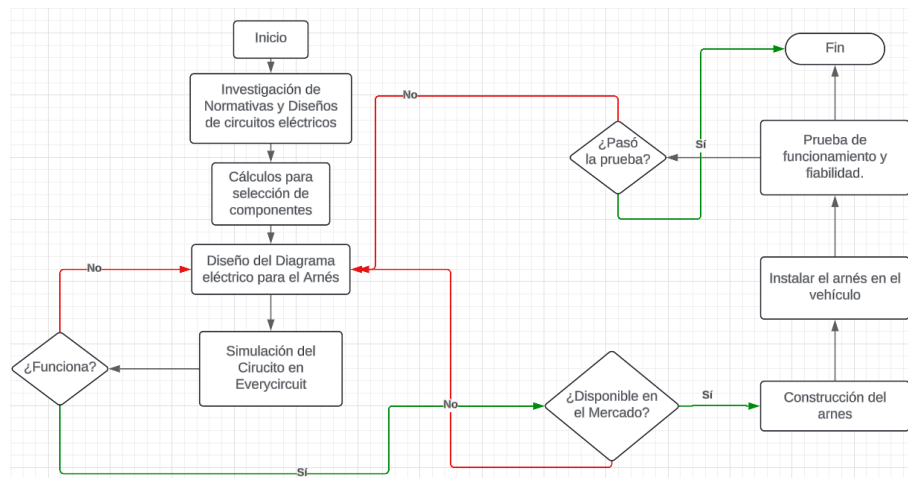
La segunda parte del enfoque será establecida en el uso del software EVERYCIRCUIT para modelar el arnés. Funcionará en determinadas situaciones simuladas: cargada, start, luces, entre otras. Después de haber realizado esta simulación, el siguiente paso será implantar este arnés en un automóvil Renault Clío de rally.

Al realizar la prueba, se podrá comprobar rápidamente su funcionalidad y confiabilidad. En comparación con los resultados y los reglamentos de la FIA y AWG, se consigue afirmar si los resultados fueron exitosos o fallidos, lo que valida el diseño.

La Figura 6 proporciona el Diagrama de flujo del proyecto de titulación. Esta figura muestra cómo se desarrollará el proyecto y cómo se estructurarán todas las etapas del análisis factorial de reconsideración desde la planificación hasta la implementación y evaluación. Al estar estructurado, esto mostrado desde el principio y objetivos constituye un proceso continuo de todas las etapas hasta el final.

Figura 6

Diagrama de Flujo



Parámetros eléctricos de los componentes

La recopilación de datos para determinar los parámetros requeridos por el arnés eléctrico del automóvil se puede obtener exclusivamente de los dos principales subsistemas eléctricos. Estos datos en gran parte podrán encontrarse en un manual técnico que proporcionará la compañía del fabricante, que describe en detalle los componentes, su uso y operación, como, alternador, motor de arranque.

Entre los datos se pueden mencionar, por un lado, las características de la producción de energía del alternador, la capacidad actual del alternador, el voltaje nominal, las características de la carga y el tipo de conexión. Por otra parte, los datos se pueden mencionar por el motor de arranque, que incluye la corriente máxima durante el arranque (corriente de arranque), la capacidad máxima y la disposición de los terminales de conexión. En general, la adquisición del manual permitirá tener una visión de las capacidades y capacidades de los componentes eléctricos del automóvil.

Por ejemplo, es importante conocer la capacidad de corriente del alternador para determinar el conductor del arnés eléctrico y o garantizar la distribución adecuada de energía al vehículo durante la operación en una competencia de rally. Además, la información sobre el motor de arranque ayudará a garantizar la posibilidad de arrancar el motor de manera independiente y confiable, según la capacidad de almacenamiento de energía de la batería.

En la Figura 7 se muestra el tipo de alternador “K4J 750” que se utiliza, en particular, el alternador Bosch 0124415007 con una intensidad de 110 A, también se ha tomado en cuenta, mientras que 13.5 V la carga normal para la batería se ha asumido, contribuyendo al almacenamiento de la energía suficiente que se usará para operar el subsistema eléctrico, en condiciones de operación normal.

Figura 7

Datos técnicos del Alternador

Vehículo	Motor	Alternador	Intensidad
XA0B XA04	K4M 700	VALEO A 11VI94 BOSCH 0120 416 253 (AA) BOSCH 0124 415 007	75 A 98 A 110 A
XA0W	K4J 750		

Fuente: Renault (2003b)

En la Figura 8 se muestra el tipo de motor de arranque correspondiente al motor "K4J 750"

Figura 8

Motor de Arranque

Vehículo	Motor	Motor de arranque
XA0B XA04	K4M 700	VALEO D7E6
XA0W	K4J 750	

Fuente: (Renault, 2003b)

Figura 9

Datos técnicos motor de arranque Valeo D7E6

	Descripción	
	Gama de productos:	VALEO REMANUFACTURED PREMIUM
	Potencia nominal [kW]:	0,85
	Tensión [V]:	12
	Número de dientes:	8
	Sentido de giro:	Sentido de giro a la derecha (horario)
	Número de orificios:	3
	Cant. taladros roscados:	3
	Pieza de intercambio	
	Pinza:	NO
Posición / Grado:		R 50

Fuente: Valeo (2012)

A través de la ficha técnica del motor de arranque mostrada en la Figura 9 se obtiene una potencia de 0.85 kW y una tensión de 12V. Utilizando estos datos y desde la ecuación (2) , es posible calcular la intensidad a la que está sometido el circuito.

$$I = \frac{850w}{12V} = 70,8 A \quad (4)$$

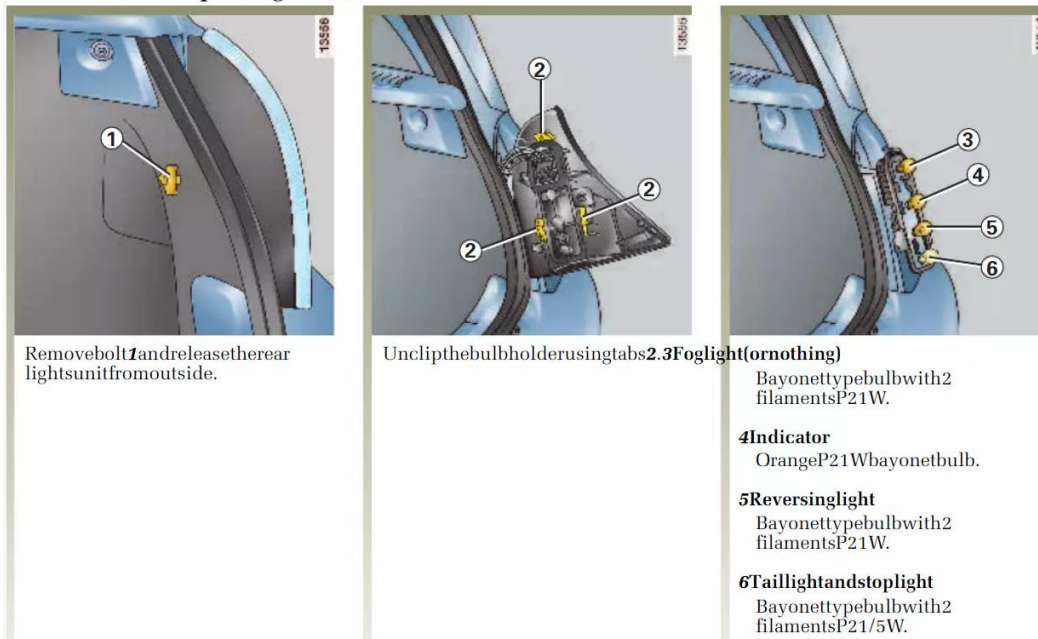
En resumen, como datos técnicos del vehículo se tiene una tensión de 12V y una Intensidad de 70,8A.

En la Figura 10 se muestra una representación del faro posterior en el cual detalla las especificaciones de las luces, tales como el modelo y la potencia, parámetro esencial para a través de la ley de ohm conseguir calcular a los parámetros necesarios para la selección del cable en el circuito de luces.

Figura 10

Faro posterior

REARLIGHTS:replacingthebulbs



Fuente: Renault (2003a)

Se detalla los consumos de las luces acorde a la Figura 10 obtenida del manual de usuario del vehículo en cuestión

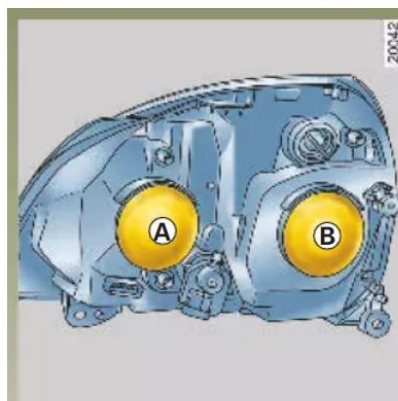
- **Direccional:** 21 W
- **Luz de retroceso:** 21W
- **Luz guía:** 5W
- **Luz de freno:** 21 W

En la **Figura 11** se representa el faro delantero donde se detallan las luces y sus características.

Figura 11

Faro delantero

HEADLIGHTSWITHHALOGENBULBS:replacingbulbs



Headlightmainbeam

Removethecover**A**.

Unclipbulbconnector**1**.

Disengagethesprings**2**andremove thebulb.

Dippedbeamheadlights

Removecover**B**.

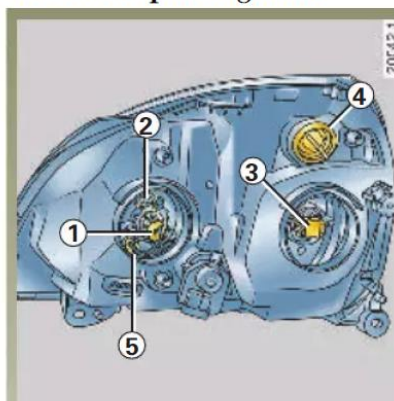
Turntheconnectoraquarterofa turnandremovebulb**3**.

Typeofbulb:**1** ⇒ H1

3 ⇒ H7

anti-UV(seebox).

DonottouchtheHalogenbulb glass.Holditbyitsbase.



Frontsidelights

Removethebulbholder**5**toaccess thebulb.

Bulbtype:W5W.

Directionindicatorlights

Turnthebulbholder**4**a quarter of a turnandremovethebulb.

Bulbtype:PY21W.

Whenthebulbhasbeenchanged, pleaserefitthecover.

Fuente:(Renault, 2003a)

Se detalla los consumos de las luces acorde a la *Figura 11* obtenida del manual de usuario.

- **Luz de carretera:** 55W
- **Luz de cruce:** 55W
- **Luz guía:** 5W
- **Luz direccional:** 21W

En la *Figura 12* se observa las especificaciones técnicas del motor encargado de mover el mecanismo de los limpiaparabrisas.

Figura 12

Motor de limpiaparabrisas

Descripción	
Lado de montaje:	 delante
Tensión [V]:	12
Potencia nominal [W]:	40
Número de enchufes de contacto:	5
Número de artículo:	460039A



Fuente: ERA (2023).

Se obtiene una tensión nominal de 12 V y una potencia nominal de 40 W.

En la *Figura 13* Se muestra los datos de la bomba responsable de proporcionar agua al momento de accionar los mandos del motor limpiaparabrisas simultáneamente, ubicados detrás del volante para el caso del piloto y cerca a los pies en el caso del copiloto.

En este caso una tensión nominal de 12V y 4W de potencia.

Figura 13

Bomba de agua para limpiaparabrisas



Número de artículo: 465036

Bomba de agua de lavado, lavado de parabrisas ERA 465036
para limpieza parabrisas delantero

Tensión [V]:	V 12
Tipo de bomba:	Bomba doble
Artículo complementario / información complementaria 2: para limpieza parabrisas delantero	
Número de enchufes de contacto:	2

Fuente: ERA (2023)

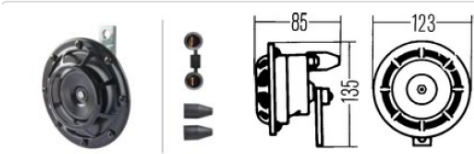
La *Figura 14* detalla los datos técnicos del claxon mismo que estará ubicado en la parte frontal del vehículo.

Figura 14

Datos técnicos Claxon

Signal Horn
Article number: 3AF 003 399-041

Images



General

usage number: **B 133; E1 0414**
EAN: **4082300052527**

Criteria

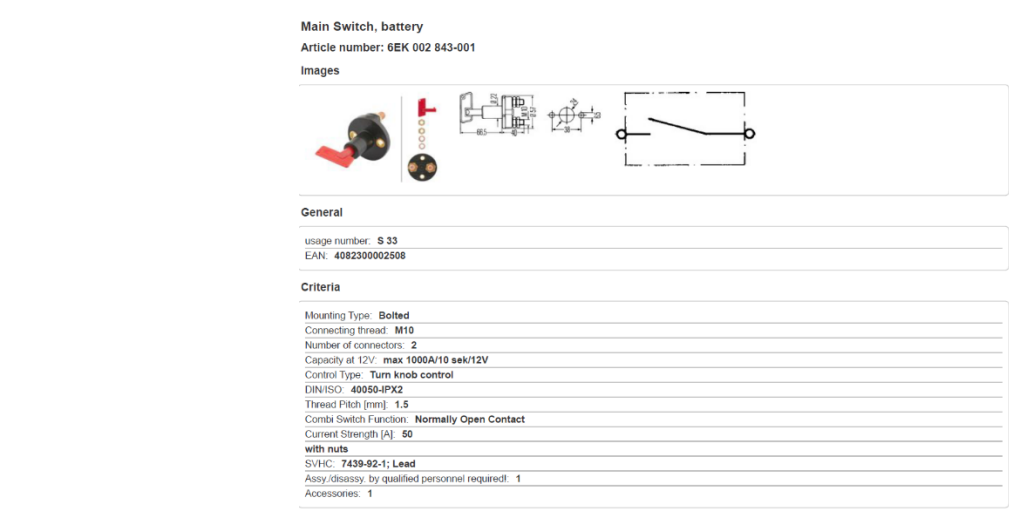
Voltage [V]: **12**
Power Consumption [W]: **78**
Sound Level [dB(A)]: **110**
Frequency Range [Hz]: **375**
Power consumption [A]: **6.5**
Protection Type (IP Code): **IPX7; IPX9K**
Fulfills ECE norm: **R28**
Registration Type: **ECE approved**

Fuente: Hella (2020b)

Como Tensión nominal del claxon se tiene 12 V y un consumo de 78 W de potencia.

Figura 15

Swicht General



Fuente: Hella (2020a)

La Figura 15 muestra las características técnicas del swicht General mismo que es un requisito obligatorio solicitado por la FIA (2023) en su reglamento para Rally 5.

Figura 16

Electroventilador Original



En la Figura 16 se observa los datos técnicos del electroventilador original, se observa una tensión nominal de 12 V y una potencia de 185 W.

Figura 1 Electroventilador Adicional

Figura 17

Electroventilador Adicional

Especificaciones:

- Espesor (mm): 29.
- Altura (mm): 241.
- Ancho (mm): 262.
- Voltaje: 12.
- Vatios: 90.



Fuente: General Auto Parts (GAP) (2020)

La Figura 17 detalla los datos técnicos del electroventilador adicional este se utiliza para ayudar a mantener una temperatura óptima para el funcionamiento, se puede recoger datos como el Voltaje nominal 12 V y su potencia de consumo 90 W.

Figura 18

Bomba de Combustible



	Calidad	Equipo Original
	Corriente eléctrica (Amperes)	6.4 - 6.6
	Flujo (l/h)	70

En la *Figura 18* se muestra los datos técnicos de la bomba de combustible los cuales se tiene como tensión nominal 12 V, un flujo de $70 \frac{l}{h}$ y un amperaje de aproximadamente 6.5 A.

Con todos los datos eléctricos de cada componente obtenidos desde el manual de reparación y de usuario del vehículo, se realizarán los cálculos respectivos para encontrar el cable adecuado bajo la normativa AWG, según las necesidades de cada componente. Este enfoque garantizará que cada sección del arnés eléctrico cumpla con los requisitos específicos de carga y rendimiento, asegurando así la fiabilidad y eficiencia del sistema eléctrico en su totalidad.

Cálculos para la selección de la sección transversal del cable.

A través de la *Figura 19*, se seleccionará el material conductor, en el mercado se encuentran disponibles conductores de cobre por lo tanto se escogerá el cobre con un volumen de conductividad de 100%.

Figura 19

Selección del material conductor

Material	Density, δ , at 20°C, g/cm ³	Resistivity ^a , ρ , at 20°C, Ω -lb/mile ²	Material	Density, δ , at 20°C, g/cm ³	Resistivity, ρ , at 20°C Ω -lb/mile ²
Copper (Specifications B 1, B 2, B 3, B 33, B 47 and B 189), Volume Conductivity, % IACS:			Aluminum-Clad Steel (Specification B 415)	6.59	3191
100	8.89	875.20	Copper-Clad Steel (Specification B 227):		
97.66	8.89	896.15	Grade 30 HS	8.15	2728
97.16	8.89	900.77	Grade 30 EHS	8.15	2728
96.66	8.89	905.44	Grade 40	8.15	2045
96.16	8.89	910.15	Grade 40 EHS	8.15	2045
94.16	8.89	929.52	Galvanized Steel (Telephone and Telegraph) (Specification A 111):		
93.15	8.89	939.51	Class A Coating:		
Bronze (Specification B 9):			Grade EBB (Non-Copper Bearing)	7.78	5000
Class A	8.89	2188	Grade BB (Copper Bearing)	7.78	5800
Class B	8.89	1346	Grade BB (Non-Copper Bearing)	7.78	5600
Class C	8.89	1094	Class B Coating:		
Copper Alloys (Specification B 105 ^a):			Grade EBB (Non-Copper Bearing)	7.78	4900
Grade 8.5	8.78	10 169	Grade BB (Copper Bearing)	7.78	5600
Grade 13	8.78	6649	Grade BB (Non-Copper Bearing)	7.78	5450
Grade 15	8.54	5605	Class C Coating:		
Grade 20	8.89	4376	Grade EBB (Non-Copper Bearing)	7.78	4800
Grade 30	8.89	2917	Grade BB (Copper Bearing)	7.78	5400
Grade 40	8.89	2188	Grade BB (Non-Copper Bearing)	7.78	5300
Grade 55	8.89	1591	Galvanized Steel (Telephone and Telegraph) (Specification A 326):		
Grade 65	8.89	1346	Class A Coating:		
Grade 74	8.89	1183	Grade 85	7.83	5800
Grade 80	8.89	1094	Class B Coating:		
Grade 85	8.89	1030	Grade 135	7.83	6500
Aluminum, 1350 (Specifications B 230/B 230M, B 314, and B 609/B 609M), Volume Conductivity, % IACS:			Grade 85	7.80	5600
61.8	2.705	430.91	Grade 135	7.80	6300
61.2	2.705	435.13	Class C Coating:		
61.0	2.705	436.56	Grade 85	7.77	5400
Aluminum Alloys (Specifications B 396 and B 398/B 398M)			Grade 135	7.77	6100
Alloy 5005-H19	2.70	496.84			
Alloy 6201-T81	2.69	504.43			
Aluminum Alloy 8000 Series (Specification B 800) Volume Conductivity, % IACS:					
61.0	2.71	437.36			

Como datos del material se tiene una densidad (δ) de $8.89 \frac{g}{cm^3}$ y una resistividad (ρ) de $875.20 \frac{\Omega \cdot lb}{mile^2}$.

Selección sección de cable para Alternador

En primer lugar, se calculará la resistencia total presente en el cable, asumiendo que el mismo tiene una longitud de 1.5 metros. Según William Moebs (2021) la resistencia de un cable se puede determinar utilizando la siguiente fórmula:

$$R = \rho \times \frac{L}{A} \quad (5)$$

Donde R es la resistencia del cable, ρ es la resistividad del material del cable, L es la longitud del cable, A es el área de la sección transversal del cable

$$V_d = I \times R = I \times \rho \times \frac{L}{A} \quad (6)$$

Mediante la ecuación (3) y (5) se obtiene la expresión del área de la sección transversal para el cable:

$$A = \frac{2 \times I \times \rho \times L}{V_d} \quad (7)$$

En la *Figura 20* se observa el proceso matemático para transformar la resistividad a unidades del sistema métrico.

Figura 20

Selección de unidades para la conversión

Given $N \rightarrow$ Perform indicated operation to obtain $\downarrow$	Volume Resistivity at 20°C				Weight Resistivity at 20°C		Conductivity at 20°C	
	$\Omega \cdot \text{cmil/ft}$	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	$\mu\Omega \cdot \text{in.}$	$\mu\Omega \cdot \text{cm}$	$\Omega \cdot \text{lb/mile}^2$	$\Omega \cdot \text{g/m}^2$	% IACS (Volume Basis)	% IACS (Weight Basis)
Volume Resistivity at 20°C								
$\Omega \cdot \text{cmil/ft}$	...	$N \times 601.52$	$N \times 15.279$	$N \times 6.0153$	$N \times 0.10535 \times (I/\delta)$	$N \times 601.53 \times (I/\delta)$	$(I/N) \times 1037.1$	$(I/N) \times 9220.0 \times (I/\delta)$
$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	$N \times 0.0016624$	...	$N \times 0.025400$	$N \times 0.010000$	$N \times 0.00017513 \times (I/\delta)$	$N \times (I/\delta)$	$(I/N) \times 1.7241$	$(I/N) \times 15.328 \times (I/\delta)$
$\mu\Omega \cdot \text{in.}$	$N \times 0.065450$	$N \times 39.370$	...	$N \times 0.39370$	$N \times 0.0068950 \times (I/\delta)$	$N \times 39.370 \times (I/\delta)$	$(I/N) \times 67.879$	$(I/N) \times 603.45 \times (I/\delta)$
$\mu\Omega \cdot \text{cm}$	$N \times 0.16624$	$N \times 100.00$	$N \times 2.5400$	...	$N \times 0.017513 \times (I/\delta)$	$N \times 100.00 \times (I/\delta)$	$(I/N) \times 172.41$	$(I/N) \times 1532.8 \times (I/\delta)$
Weight Resistivity at 20°C								
$\Omega \cdot \text{lb/mile}^2$	$N \times 9.4924 \times \delta$	$N \times 5710.0 \times \delta$	$N \times 145.03 \times \delta$	$N \times 57.100 \times \delta$	...	$N \times 5710.0$	$(I/N) \times 9844.8 \times \delta$	$(I/N) \times 87520$
$\Omega \cdot \text{g/m}^2$	$N \times 0.0016624 \times \delta$	$N \times \delta$	$N \times 0.025400 \times \delta$	$N \times 0.010000 \times \delta$	$N \times 0.00017513$	...	$(I/N) \times 1.7241 \times \delta$	$(I/N) \times 15.328$
Conductivity at 20°C								
% IACS (volume basis)	$(I/N) \times 1037.1$	$(I/N) \times 1.7241$	$(I/N) \times 67.879$	$(I/N) \times 172.41$	$(I/N) \times 9844.8 \times \delta$	$(I/N) \times 1.7241 \times \delta$	...	$N \times 0.11249 \times \delta$
% IACS (weight basis)	$(I/N) \times 9220.0 \times (I/\delta)$	$(I/N) \times 15.328 \times (I/\delta)$	$(I/N) \times 603.45 \times (I/\delta)$	$(I/N) \times 1532.8 \times (I/\delta)$	$(I/N) \times 87520$	$(I/N) \times 15.328$	$N \times 8.89 \times (I/\delta)$	...

$$875.20 \frac{\Omega \cdot lb}{milla^2} \times 0.017513 \times \left(\frac{1}{8.89 \frac{g}{cm^3}} \right) = 1.7241 \mu\Omega \cdot cm \quad (8)$$

$$1.7241 \mu\Omega \cdot cm = 1.7241 \Omega \times 10^{-6} \cdot m \times 10^{-2} = 1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \quad (9)$$

Según la National Fire Protection Association (NFPA) en su publicación NATIONAL ELECTRICAL CODE (NEC) (2023), la caída de tensión máxima recomendada en un sistema eléctrico es del 3% al 5%. Por lo tanto, para este caso particular, se tomará una caída de tensión del 3%. Esta referencia es fundamental para garantizar un rendimiento óptimo del sistema eléctrico del vehículo, ya que una caída de tensión excesiva puede afectar negativamente su funcionamiento y la vida útil de los componentes eléctricos.

$$V_d = 0.03 \times 13.5V = 0.4V \quad (10)$$

Justificación de unidades a trabajar en la obtención del área de la sección transversal.

$$A = \frac{I \times \Omega \cdot m \times m}{V} = \frac{\frac{V}{\Omega} \times \Omega \cdot m \times m}{I \times R} = \frac{\frac{V}{\Omega} \times \Omega \cdot m \times m}{\frac{V}{\Omega} \times \Omega} = m^2 = mm^2 \times 10^6 \quad (11)$$

Con los datos conseguidos se procede a calcular el área de la sección transversal del cable.

$$A = \frac{2 \times 110 A \times 1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \times 1.5 m}{0.4} = 1.422 \times 10^{-5} m^2 \quad (12)$$

$$1.422 \times 10^{-5} m^2 \times 10^6 = 14,22 mm^2 \quad (13)$$

Figura 21

Selección de cable para alternador

Calibre AWG ó kcmil	Area mm²	Número Total de Hilos	Formación	Diámetro del Hilo mm	Diámetro del Cable Aproximado mm
1000	506.7	10101	37 x 7 x 39	0.254	36.0
900	456.0	9065	37 x 7 x 35	0.254	33.6
800	405.4	7980	19 x 7 x 60	0.254	33.1
750	380.0	7581	19 x 7 x 57	0.254	32.4
700	354.7	6916	19 x 7 x 52	0.254	30.7
650	329.4	6517	19 x 7 x 49	0.254	29.6
600	304.0	5985	19 x 7 x 45	0.254	28.6
550	278.7	5453	19 x 7 x 41	0.254	26.8
500	253.4	5054	19 x 7 x 38	0.254	25.1
450	228.0	4522	19 x 7 x 34	0.254	23.7
400	202.7	3990	19 x 7 x 30	0.254	22.3
350	177.3	3458	19 x 7 x 26	0.254	20.5
300	152.0	2989	7 x 7 x 61	0.254	19.5
250	126.7	2499	7 x 7 x 51	0.254	17.3
4/0	107.2	2107	7 x 7 x 43	0.254	15.9
3/0	85.03	1666	7 x 7 x 34	0.254	13.5
2/0	67.43	1323	7 x 7 x 27	0.254	11.9
1/0	53.48	1064	19 x 56	0.254	11.5
1	42.41	836	19 x 44	0.254	10.1
2	33.63	665	19 x 35	0.254	8.59
3	26.67	532	19 x 28	0.254	7.72
4	21.15	420	7 x 60	0.254	6.91
5	16.77	336	7 x 48	0.254	5.97
6	13.30	266	7 x 38	0.254	5.33
7	10.55	210	7 x 30	0.254	4.55
8	8.366	168	7 x 24	0.254	3.99
9	6.634	133	7 x 19	0.254	3.81
10	5.261	104	1 x104	0.254	3.20
12	3.309	65	1 x 65	0.254	2.57
14	2.081	41	1 x 41	0.254	1.98
16	1.309	26	1 x 26	0.254	1.52
18	0.8230	16	1 x 16	0.254	1.22
20	0.5176	10	1 x 10	0.254	0.97
22	0.3255	7	1 x 7	0.254	0.76

La *Figura 21* resalta el cable a seleccionar para el alternador 7 ya que la sección transversal inmediata superior a 14.22 mm^2 es 16.77 mm^2 .

Utilizando los mismos principios se encontrará el cable adecuado para el motor de arranque, el sistema de luces y sistema de limpiaparabrisas.

Selección de cable para motor de arranque.

Mediante el criterio de la caída de voltaje de un 3% se obtiene:

$$V_d = 0.03 \times 12V = 0.36V \quad (14)$$

Tomando en consideración la ubicación del motor de arranque con respecto a la batería se utilizará 1.5m de cable para llegar a la batería.

$$A = \frac{2 \times 70.8 \text{ A} \times 1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \times 1.5 \text{ m}}{0.36 \text{ V}} = 1,017 \text{ m}^2 \quad (15)$$

$$1,017 \text{ m}^2 \times 10^6 = 10,17 \text{ mm}^2 \quad (16)$$

Figura 22

Selección de cable para motor de arranque

Calibre AWG ó kcmil	Area mm²	Número Total de Hilos	Formación	Diámetro del Hilo mm	Diámetro del Cable Aproximado mm
1000	506.7	10101	37 x 7 x 39	0.254	36.0
900	456.0	9065	37 x 7 x 35	0.254	33.6
800	405.4	7980	19 x 7 x 60	0.254	33.1
750	380.0	7581	19 x 7 x 57	0.254	32.4
700	354.7	6916	19 x 7 x 52	0.254	30.7
650	329.4	6517	19 x 7 x 49	0.254	29.6
600	304.0	5985	19 x 7 x 45	0.254	28.6
550	278.7	5453	19 x 7 x 41	0.254	26.8
500	253.4	5054	19 x 7 x 38	0.254	25.1
450	228.0	4522	19 x 7 x 34	0.254	23.7
400	202.7	3990	19 x 7 x 30	0.254	22.3
350	177.3	3458	19 x 7 x 26	0.254	20.5
300	152.0	2989	7 x 7 x 61	0.254	19.5
250	126.7	2499	7 x 7 x 51	0.254	17.3
4/0	107.2	2107	7 x 7 x 43	0.254	15.9
3/0	85.03	1666	7 x 7 x 34	0.254	13.5
2/0	67.43	1323	7 x 7 x 27	0.254	11.9
1/0	53.48	1064	19 x 56	0.254	11.5
1	42.41	836	19 x 44	0.254	10.1
2	33.63	665	19 x 35	0.254	8.59
3	26.67	532	19 x 28	0.254	7.72
4	21.15	420	7 x 60	0.254	6.91
5	16.77	336	7 x 48	0.254	5.97
6	13.30	266	7 x 38	0.254	5.33
7	10.55	210	7 x 30	0.254	4.55
8	8.366	168	7 x 24	0.254	3.99
9	6.634	133	7 x 19	0.254	3.81
10	5.261	104	1 x 104	0.254	3.20
12	3.309	65	1 x 65	0.254	2.57
14	2.081	41	1 x 41	0.254	1.98
16	1.309	26	1 x 26	0.254	1.52
18	0.8230	16	1 x 16	0.254	1.22
20	0.5176	10	1 x 10	0.254	0.97
22	0.3255	7	1 x 7	0.254	0.76

La Figura 22 muestra el cable a seleccionar para el motor de arranque es **AWG 7** ya que la sección transversal está muy cercana al valor $10,55 \text{ mm}^2$

Selección de cable para luces direccionales

Cada foco consume **21W** a una tensión de **12V** y se encuentran cuatro focos en todo el sistema de direccionales, 2 izquierdos y 2 derechos.

$$I = \frac{21 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 1.8 \text{ A} \quad (17)$$

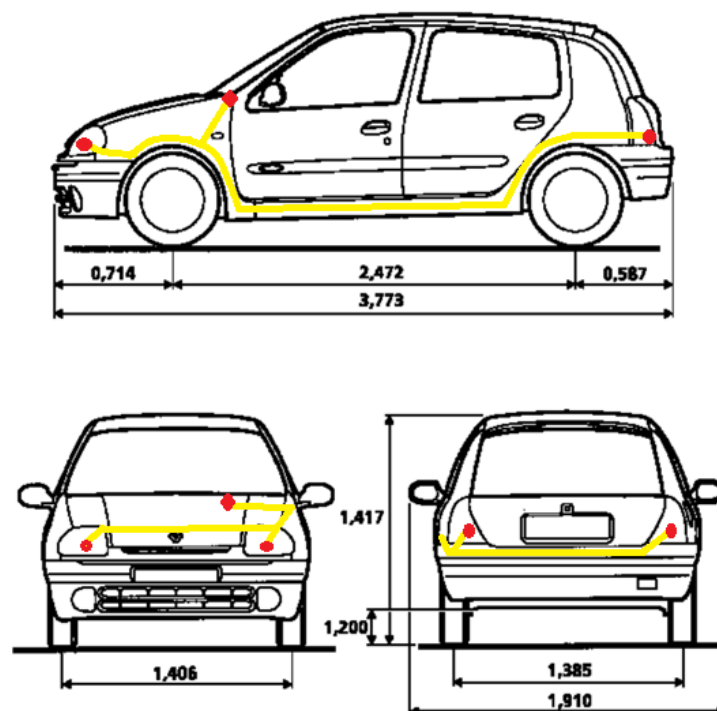
En un circuito en paralelo, las intensidades de cada componente se van sumando para conseguir la intensidad total del circuito. En este caso se toma en consideración que cada circuito gobernará 2 luces por cada lado, por lo tanto:

$$I_t = I_1 + I_2 = 1.8 A + 1.8 A = 3.6 A \quad (18)$$

Desde las medidas del vehículo se puede asumir la longitud total del cable, debido a que estas luces están distribuidas en las 4 esquinas del mismo

Figura 23

Distribución del cableado para luces direccionales y luces guías



En la *Figura 23* se encuentran las medidas del vehículo además de la distribución del cableado. Tomando en cuenta el ancho de vía y la longitud total del vehículo se puede construir la siguiente expresión para estimar la longitud del cableado:

$$L = A_v + L_v + \frac{A_v}{4} \quad (19)$$

Donde el primer término “ A_v ” hace referencia a la longitud entre los faros frontales y la longitud entre los faros traseros, “ L_c ” representa la longitud del vehículo y por último el término “ $\frac{A_v}{4}$ ” describe una aproximación de la distancia del costado del vehículo hacia la palanca de activación de las luces direccionales.

$$L = 1406 \text{ mm} + 2472 \text{ mm} + \frac{1406 \text{ mm}}{4} = 4229 \text{ mm} \approx 4 \text{ m} \quad (20)$$

Se ha obtenido una longitud de 4 m, pero se ha tomado en cuenta la sección curva del guardalodo del vehículo. Considerando que las luces están en circuito separados solo se tomara en cuenta la mitad de la distancia.

La caída de voltaje del 3% se mantiene en 0.36v debido a que el sistema trabaja con 12v.

$$A = \frac{2 \times 3.6 \text{ A} \times 1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \times 4 \text{ m}}{0.36 \text{ V}} = 1.379 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \quad (21)$$

$$1.379 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \times 10^3 = 1,379 \text{ mm}^2 \quad (22)$$

Figura 24

Selección de cable para luces direccionales

Calibre AWG ó kcmil	Area mm²	Número Total de Hilos	Formación	Diámetro del Hilo mm	Diámetro del Cable Aproximado mm
1000	506.7	10101	37 x 7 x 39	0.254	36.0
900	456.0	9065	37 x 7 x 35	0.254	33.6
800	405.4	7980	19 x 7 x 60	0.254	33.1
750	380.0	7581	19 x 7 x 57	0.254	32.4
700	354.7	6916	19 x 7 x 52	0.254	30.7
650	329.4	6517	19 x 7 x 49	0.254	29.6
600	304.0	5985	19 x 7 x 45	0.254	28.6
550	278.7	5453	19 x 7 x 41	0.254	26.8
500	253.4	5054	19 x 7 x 38	0.254	25.1
450	228.0	4522	19 x 7 x 34	0.254	23.7
400	202.7	3990	19 x 7 x 30	0.254	22.3
350	177.3	3458	19 x 7 x 26	0.254	20.5
300	152.0	2989	7 x 7 x 61	0.254	19.5
250	126.7	2499	7 x 7 x 51	0.254	17.3
4/0	107.2	2107	7 x 7 x 43	0.254	15.9
3/0	85.03	1666	7 x 7 x 34	0.254	13.5
2/0	67.43	1323	7 x 7 x 27	0.254	11.9
1/0	53.48	1064	19 x 56	0.254	11.5
1	42.41	836	19 x 44	0.254	10.1
2	33.63	665	19 x 35	0.254	8.59
3	26.67	532	19 x 28	0.254	7.72
4	21.15	420	7 x 60	0.254	6.91
5	16.77	336	7 x 48	0.254	5.97
6	13.30	266	7 x 38	0.254	5.33
7	10.55	210	7 x 30	0.254	4.55
8	8.366	168	7 x 24	0.254	3.99
9	6.634	133	7 x 19	0.254	3.81
10	5.261	104	1 x104	0.254	3.20
12	3.309	65	1 x 65	0.254	2.57
14	2.081	41	1 x 41	0.254	1.98
16	1.309	26	1 x 26	0.254	1.52
18	0.8230	16	1 x 16	0.254	1.22
20	0.5176	10	1 x 10	0.254	0.97
22	0.3255	7	1 x 7	0.254	0.76

La Figura 24 indica que el cable a seleccionar para las luces direccionales es AWG 14 ya que la sección transversal inmediata superior al valor 1.379 mm^2 es 2.081 mm^2

Selección de cable para luces guía

En este caso cada componente consume **5W** a una tensión de **12V** para cada uno y que se encuentran cuatro focos en todo el sistema de luces guía, tomando la configuración de la Figura 23 y la misma longitud de cable. La intensidad necesaria para cada componente es:

$$I = \frac{5 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 0.41 \text{ A} \quad (23)$$

Por lo tanto, la intensidad total del circuito:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0.41 A + 0.41 A + 0.41 A + 0.41 A = 1.64 A \quad (24)$$

El área de la sección transversal:

$$A = \frac{2 \times 1.64 A \times 1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \times 4 m}{0.36 V} \times 10^6 = 0,628 mm^2 \quad (25)$$

Figura 25

Selección de cable para luces guía

Calibre AWG ó kcmil	Area mm²	Número Total de Hilos	Formación	Diámetro del Hilo mm	Diámetro del Cable Aproximado mm
1000	506.7	10101	37 x 7 x 39	0.254	36.0
900	456.0	9065	37 x 7 x 35	0.254	33.6
800	405.4	7980	19 x 7 x 60	0.254	33.1
750	380.0	7581	19 x 7 x 57	0.254	32.4
700	354.7	6916	19 x 7 x 52	0.254	30.7
650	329.4	6517	19 x 7 x 49	0.254	29.6
600	304.0	5985	19 x 7 x 45	0.254	28.6
550	278.7	5453	19 x 7 x 41	0.254	26.8
500	253.4	5054	19 x 7 x 38	0.254	25.1
450	228.0	4522	19 x 7 x 34	0.254	23.7
400	202.7	3990	19 x 7 x 30	0.254	22.3
350	177.3	3458	19 x 7 x 26	0.254	20.5
300	152.0	2989	7 x 7 x 61	0.254	19.5
250	126.7	2499	7 x 7 x 51	0.254	17.3
4/0	107.2	2107	7 x 7 x 43	0.254	15.9
3/0	85.03	1666	7 x 7 x 34	0.254	13.5
2/0	67.43	1323	7 x 7 x 27	0.254	11.9
1/0	53.48	1064	19 x 56	0.254	11.5
1	42.41	836	19 x 44	0.254	10.1
2	33.63	665	19 x 35	0.254	8.59
3	26.67	532	19 x 28	0.254	7.72
4	21.15	420	7 x 60	0.254	6.91
5	16.77	336	7 x 48	0.254	5.97
6	13.30	266	7 x 38	0.254	5.33
7	10.55	210	7 x 30	0.254	4.55
8	8.366	168	7 x 24	0.254	3.99
9	6.634	133	7 x 19	0.254	3.81
10	5.261	104	1 x 104	0.254	3.20
12	3.309	65	1 x 65	0.254	2.57
14	2.081	41	1 x 41	0.254	1.98
16	1.309	26	1 x 26	0.254	1.52
18	0.8230	16	1 x 16	0.254	1.22
20	0.5176	10	1 x 10	0.254	0.97
22	0.3255	7	1 x 7	0.254	0.76

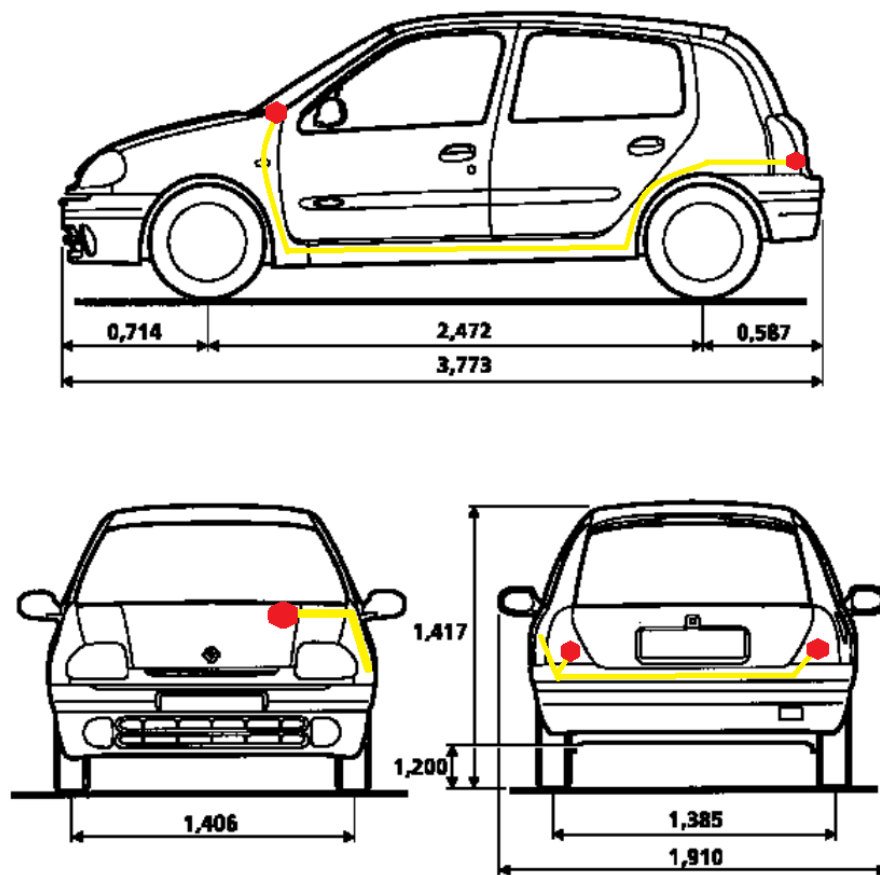
En la *Figura 25* se evidencia que el cable adecuado es **AWG 18** ya que la sección transversal inmediata superior al valor $0.628 mm^2$ es $0.8230 mm^2$.

Selección de cable para luces de retroceso

Cada consumidor requiere de **21W** a una tensión de **12V** y se encuentran 2 focos en todo el sistema de luces, uno en cada faro posterior. En la *Figura 26* se aprecia la ruta de cableado para las luces de retroceso.

Figura 26

Distribución de cableado para luces de retroceso y de freno



Tomando en cuenta las dimensiones y la ruta a seguir del cableado se puede llegar a la siguiente expresión para aproximar la longitud del cable:

$$L = A_v + L_v + \frac{A_v}{4} \quad (26)$$

Donde el primer término “ A_v ” hace referencia a la longitud entre los faros traseros, “ L_c ” representa la longitud del vehículo hasta la mitad de la llanta delantera y por último el término “ $\frac{A_v}{4}$ ” describe una aproximación de la distancia del costado del vehículo hacia la palanca de activación.

$$L = 1385 \text{ mm} + 3000 \text{ mm} = 4385 \text{ mm} \approx 4 \text{ m} \quad (27)$$

Ya que los consumidores tienen requieren de una potencia de igual valor al sistema de direccionales, la intensidad total del circuito será la misma de la ecuación (24).

$$A = \frac{2 \times 3.6 \text{ A} \times 1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \times 4 \text{ m}}{0.36 \text{ V}} \times 10^6 = 1.379 \text{ mm}^2 \quad (28)$$

Figura 27

Selección de cable para luces de retroceso

Calibre AWG ó kcmil	Area mm²	Número Total de Hilos	Formación	Diámetro del Hilo mm	Diámetro del Cable Aproximado mm
1000	506.7	10101	37 x 7 x 39	0.254	36.0
900	456.0	9065	37 x 7 x 35	0.254	33.6
800	405.4	7980	19 x 7 x 60	0.254	33.1
750	380.0	7581	19 x 7 x 57	0.254	32.4
700	354.7	6916	19 x 7 x 52	0.254	30.7
650	329.4	6517	19 x 7 x 49	0.254	29.6
600	304.0	5985	19 x 7 x 45	0.254	28.6
550	278.7	5453	19 x 7 x 41	0.254	26.8
500	253.4	5054	19 x 7 x 38	0.254	25.1
450	228.0	4522	19 x 7 x 34	0.254	23.7
400	202.7	3990	19 x 7 x 30	0.254	22.3
350	177.3	3458	19 x 7 x 26	0.254	20.5
300	152.0	2989	7 x 7 x 61	0.254	19.5
250	126.7	2499	7 x 7 x 51	0.254	17.3
4/0	107.2	2107	7 x 7 x 43	0.254	15.9
3/0	85.03	1666	7 x 7 x 34	0.254	13.5
2/0	67.43	1323	7 x 7 x 27	0.254	11.9
1/0	53.48	1064	19 x 56	0.254	11.5
1	42.41	836	19 x 44	0.254	10.1
2	33.63	665	19 x 35	0.254	8.59
3	26.67	532	19 x 28	0.254	7.72
4	21.15	420	7 x 60	0.254	6.91
5	16.77	336	7 x 48	0.254	5.97
6	13.30	266	7 x 38	0.254	5.33
7	10.55	210	7 x 30	0.254	4.55
8	8.366	168	7 x 24	0.254	3.99
9	6.634	133	7 x 19	0.254	3.81
10	5.261	104	1 x 104	0.254	3.20
12	3.309	65	1 x 65	0.254	2.57
14	2.081	41	1 x 41	0.254	1.98
16	1.309	26	1 x 26	0.254	1.52
18	0.8230	16	1 x 16	0.254	1.22
20	0.5176	10	1 x 10	0.254	0.97
22	0.3255	7	1 x 7	0.254	0.76

La **Figura 27** muestra que se elige el calibre **14 AWG** ya que la sección transversal inmediata superior al valor 1.379 mm^2 es 2.081 mm^2 .

Selección de cable para luces de freno

En este caso el sistema de luces cuenta con 3 consumidores de **21 W** a **12 V**, una distribución de cableado igual a las luces de retroceso por lo tanto una longitud de 4 m.

Para calcular la intensidad total del circuito:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 = 1.8 \text{ A} + 1.8 \text{ A} + 1 \text{ A} = 4.6 \text{ A} \quad (29)$$

Calculando la sección transversal del cable:

$$A = \frac{2 \times 4.6 \text{ A} \times 1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \times 4 \text{ m}}{0.36 \text{ V}} \times 10^6 = 1,762 \text{ mm}^2 \quad (30)$$

Figura 28

Selección de cable para luces de freno

Calibre AWG ó kcmil	Area mm²	Número Total de Hilos	Formación	Diámetro del Hilo mm	Diámetro del Cable Aproximado mm
1000	506.7	10101	37 x 7 x 39	0.254	36.0
900	456.0	9065	37 x 7 x 35	0.254	33.6
800	405.4	7980	19 x 7 x 60	0.254	33.1
750	380.0	7581	19 x 7 x 57	0.254	32.4
700	354.7	6916	19 x 7 x 52	0.254	30.7
650	329.4	6617	19 x 7 x 49	0.254	29.6
600	304.0	5985	19 x 7 x 45	0.254	28.6
550	278.7	5453	19 x 7 x 41	0.254	26.8
500	253.4	5054	19 x 7 x 38	0.254	25.1
450	228.0	4522	19 x 7 x 34	0.254	23.7
400	202.7	3990	19 x 7 x 30	0.254	22.3
350	177.3	3458	19 x 7 x 26	0.254	20.5
300	152.0	2989	7 x 7 x 61	0.254	19.5
250	126.7	2499	7 x 7 x 51	0.254	17.3
4/0	107.2	2107	7 x 7 x 43	0.254	15.9
3/0	85.03	1666	7 x 7 x 34	0.254	13.5
2/0	67.43	1323	7 x 7 x 27	0.254	11.9
1/0	53.48	1064	19 x 56	0.254	11.5
1	42.41	836	19 x 44	0.254	10.1
2	33.63	665	19 x 35	0.254	8.59
3	26.67	532	19 x 28	0.254	7.72
4	21.15	420	7 x 60	0.254	6.91
5	16.77	336	7 x 48	0.254	5.97
6	13.30	266	7 x 38	0.254	5.33
7	10.55	210	7 x 30	0.254	4.55
8	8.366	168	7 x 24	0.254	3.99
9	6.634	133	7 x 19	0.254	3.81
10	5.261	104	1 x 104	0.254	3.20
12	3.309	65	1 x 65	0.254	2.57
14	2.081	41	1 x 41	0.254	1.98
16	1.309	26	1 x 26	0.254	1.52
18	0.8230	16	1 x 16	0.254	1.22
20	0.5176	10	1 x 10	0.254	0.97
22	0.3255	7	1 x 7	0.254	0.76

La *Figura 28* resalta el cable a seleccionar **AWG 14** para el sistema de luces de freno ya que la selección tiene el mismo criterio que las luces de retroceso.

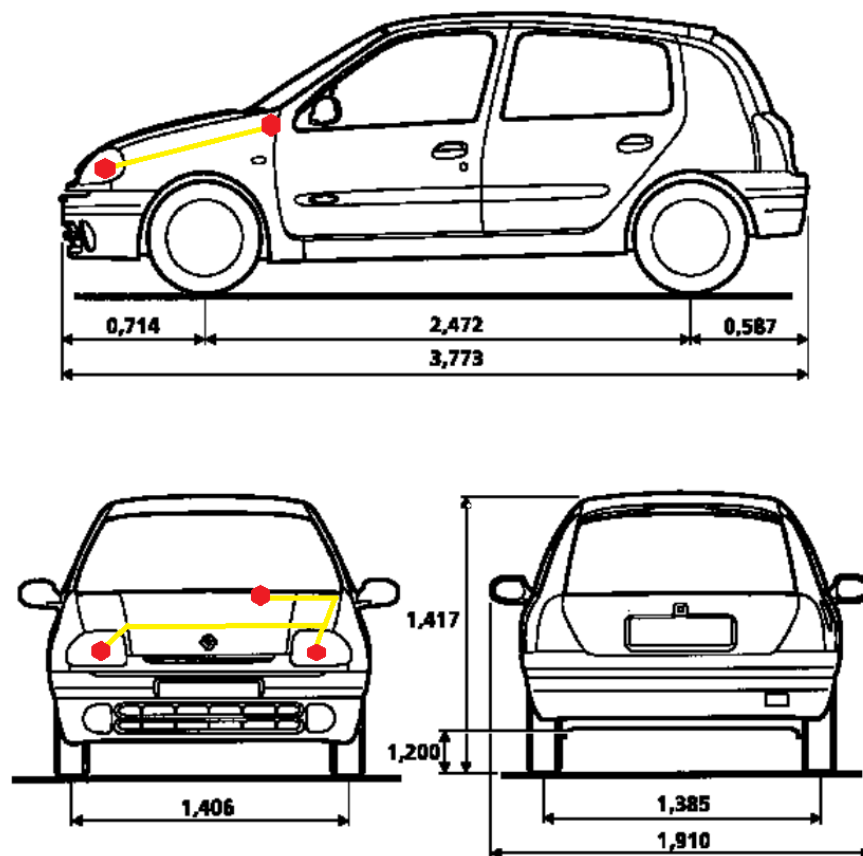
Selección de cable para luces de carretera y cruce

Asimismo, el sistema de luces de carretera cuenta con consumidores ubicados en los faros delanteros, presentan un consumo de **55 W** a una tensión de **12 V**.

$$I = \frac{55W}{12V} = 4.58 A \quad (31)$$

Figura 29

Distribución del cableado para luces de carretera y cruce



Para asumir la longitud del cable se pueden tomar las siguientes consideraciones:

$$L = A_v + L_v = 1406mm + 0.714 = 2109mm^2 = 2,1 m \quad (32)$$

Se calculará con 2 m de cable para la sección transversal debido a que los mismos son interceptados por los relés por lo que permite reducir la longitud eligiendo un cable adecuado según la normativa

Intensidad total:

$$I_t = I_1 + I_2 = 4.58 A + 4.58 A = 9.16 A \quad (33)$$

Se calcula la sección de cable

$$A = \frac{2 \times 9.16 A \times 1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \times 2 m}{0.36V} \times 10^6 = 1.839mm^2 \quad (34)$$

Figura 30

Selección de cable para luces de carretera y cruce

Calibre AWG ó kcmil	Area mm²	Número Total de Hilos	Formación	Diámetro del Hilo mm	Diámetro del Cable Aproximado mm
1000	506.7	10101	37 x 7 x 39	0.254	36.0
900	456.0	9065	37 x 7 x 35	0.254	33.6
800	405.4	7980	19 x 7 x 60	0.254	33.1
750	380.0	7581	19 x 7 x 57	0.254	32.4
700	354.7	6916	19 x 7 x 52	0.254	30.7
650	329.4	6517	19 x 7 x 49	0.254	29.6
600	304.0	5985	19 x 7 x 45	0.254	28.6
550	278.7	5453	19 x 7 x 41	0.254	26.8
500	253.4	5054	19 x 7 x 38	0.254	25.1
450	228.0	4522	19 x 7 x 34	0.254	23.7
400	202.7	3990	19 x 7 x 30	0.254	22.3
350	177.3	3458	19 x 7 x 26	0.254	20.5
300	152.0	2989	7 x 7 x 61	0.254	19.5
250	126.7	2499	7 x 7 x 51	0.254	17.3
4/0	107.2	2107	7 x 7 x 43	0.254	15.9
3/0	85.03	1666	7 x 7 x 34	0.254	13.5
2/0	67.43	1323	7 x 7 x 27	0.254	11.9
1/0	53.48	1064	19 x 56	0.254	11.5
1	42.41	836	19 x 44	0.254	10.1
2	33.63	665	19 x 35	0.254	8.59
3	26.67	532	19 x 28	0.254	7.72
4	21.15	420	7 x 60	0.254	6.91
5	16.77	336	7 x 48	0.254	5.97
6	13.30	266	7 x 38	0.254	5.33
7	10.55	210	7 x 30	0.254	4.55
8	8.366	168	7 x 24	0.254	3.99
9	6.634	133	7 x 19	0.254	3.81
10	5.261	104	1 x104	0.254	3.20
12	3.309	65	1 x 65	0.254	2.67
14	2.081	41	1 x 41	0.254	1.98
16	1.309	26	1 x 26	0.254	1.52
18	0.8230	16	1 x 16	0.254	1.22
20	0.5176	10	1 x 10	0.254	0.97
22	0.3255	7	1 x 7	0.254	0.76

A pesar de haber obtenido una sección de 1.839 mm², se elegirá la sección de cable de 2.081 mm² ya que el cable **AWG 14** es el inmediato superior al encontrado

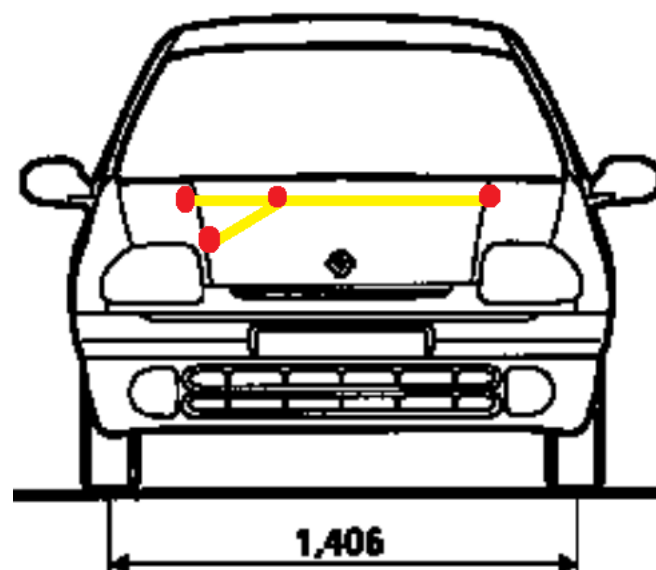
Selección de cable para sistema de limpiaparabrisas

Acorde a la *Figura 12* el motor del limpiaparabrisas tiene una potencia nominal de 40 W, por lo tanto, la intensidad del circuito será:

$$I = \frac{40W}{12V} = 3,33 A \quad (35)$$

Figura 31

Distribución del cableado para el sistema de limpiaparabrisas



Acorde a la *Figura 31* la longitud estimada será 1,5 m esto debido a que se tiene que ubicar un controlador del sistema a los pies del copiloto cumpliendo con las normas a seguir.

$$A = \frac{2 \times 3.33 \text{ A} \times 1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \times 1.5 \text{ m}}{0.36 \text{ V}} \times 10^6 = 0.4741 \text{ mm}^2 \quad (36)$$

Figura 32

Selección de cable para sistema de limpiaparabrisas

Calibre AWG ó kcmil	Area mm²	Número Total de Hilos	Formación	Diámetro del Hilo mm	Diámetro del Cable Aproximado mm
1000	506.7	10101	37 x 7 x 39	0.254	36.0
900	456.0	9065	37 x 7 x 35	0.254	33.6
800	405.4	7980	19 x 7 x 60	0.254	33.1
750	380.0	7581	19 x 7 x 57	0.254	32.4
700	354.7	6916	19 x 7 x 52	0.254	30.7
650	329.4	6517	19 x 7 x 49	0.254	29.6
600	304.0	5985	19 x 7 x 45	0.254	28.6
550	278.7	5453	19 x 7 x 41	0.254	26.8
500	253.4	5054	19 x 7 x 38	0.254	25.1
450	228.0	4522	19 x 7 x 34	0.254	23.7
400	202.7	3990	19 x 7 x 30	0.254	22.3
350	177.3	3458	19 x 7 x 26	0.254	20.5
300	152.0	2989	7 x 7 x 61	0.254	19.5
250	126.7	2499	7 x 7 x 51	0.254	17.3
4/0	107.2	2107	7 x 7 x 43	0.254	15.9
3/0	85.03	1666	7 x 7 x 34	0.254	13.5
2/0	67.43	1323	7 x 7 x 27	0.254	11.9
1/0	53.48	1064	19 x 56	0.254	11.5
1	42.41	836	19 x 44	0.254	10.1
2	33.63	665	19 x 35	0.254	8.59
3	26.67	532	19 x 28	0.254	7.72
4	21.15	420	7 x 60	0.254	6.91
5	16.77	336	7 x 48	0.254	5.97
6	13.30	266	7 x 38	0.254	5.33
7	10.55	210	7 x 30	0.254	4.55
8	8.366	168	7 x 24	0.254	3.99
9	6.634	133	7 x 19	0.254	3.81
10	5.261	104	1 x 104	0.254	3.20
12	3.309	65	1 x 65	0.254	2.57
14	2.081	41	1 x 41	0.254	1.98
16	1.309	26	1 x 26	0.254	1.52
18	0.8230	16	1 x 16	0.254	1.22
20	0.5176	10	1 x 10	0.254	0.97
22	0.3255	7	1 x 7	0.254	0.76

En la *Figura 32* se aprecia que el cable escogido fue **20 AWG** ya que la sección inmediata superior a 0.4741 mm² es 0.5176 mm².

Selección de cable para bomba de agua del limpiaparabrisas

Acorde a los datos técnicos se tiene 12 V como tensión y 4 W como potencia consumida por la bomba de agua del limpiaparabrisas

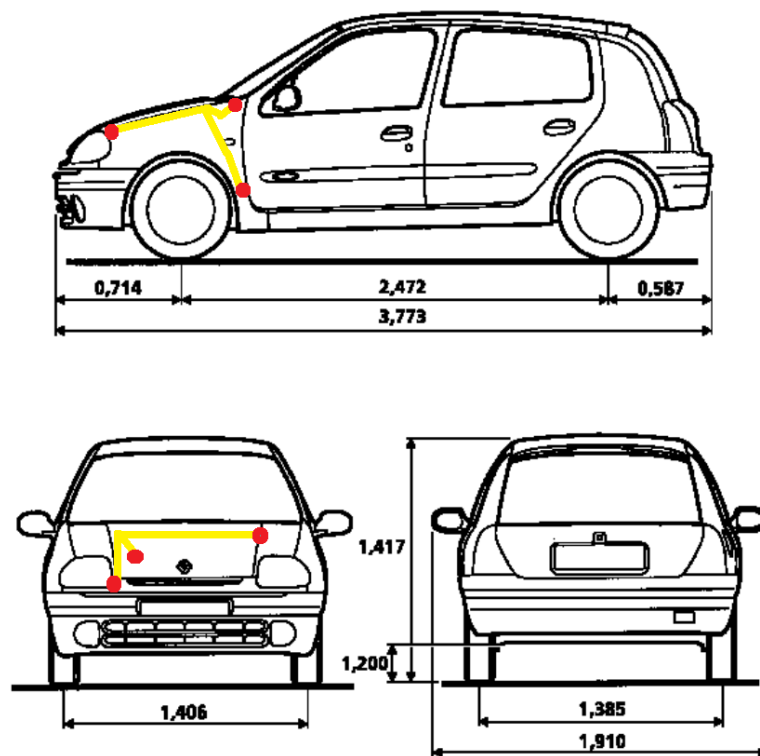
$$I = \frac{4 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 0,33 \text{ A} \quad (37)$$

En la **Figura 33** se representa la distribución del cable lo que nos ayuda a estimar la longitud del mismo. Como se recorre gran parte frontal del vehículo se toma la siguiente consideración:

$$L = 0,714m + 1,406 m = 2.21 m \approx 2.5m \quad (38)$$

Figura 33

Distribución de cable para bomba de agua del limpiaparabrisas.



A través de los datos recogidos en las ecuaciones (37) y (38) se calcula la sección del cable en la ecuación (39)

$$A = \frac{2 \times 0.33 A \times 1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \times 2.5m}{0.36V} \times 10^6 = 0.0790mm^2 \quad (39)$$

Figura 34

Selección de cable para bomba de agua del limpiaparabrisas

Calibre AWG ó kcmil	Area mm²	Número Total de Hilos	Formación	Diámetro del Hilo mm	Diámetro del Cable Aproximado mm
1000	506.7	10101	37 x 7 x 39	0.254	36.0
900	456.0	9065	37 x 7 x 35	0.254	33.6
800	405.4	7980	19 x 7 x 60	0.254	33.1
750	380.0	7581	19 x 7 x 57	0.254	32.4
700	354.7	6916	19 x 7 x 52	0.254	30.7
650	329.4	6517	19 x 7 x 49	0.254	29.6
600	304.0	5985	19 x 7 x 45	0.254	28.6
550	278.7	5453	19 x 7 x 41	0.254	26.8
500	253.4	5054	19 x 7 x 38	0.254	25.1
450	228.0	4522	19 x 7 x 34	0.254	23.7
400	202.7	3990	19 x 7 x 30	0.254	22.3
350	177.3	3458	19 x 7 x 26	0.254	20.5
300	152.0	2989	7 x 7 x 61	0.254	19.5
250	126.7	2499	7 x 7 x 51	0.254	17.3
4/0	107.2	2107	7 x 7 x 43	0.254	15.9
3/0	85.03	1666	7 x 7 x 34	0.254	13.5
2/0	67.43	1323	7 x 7 x 27	0.254	11.9
1/0	53.48	1064	19 x 56	0.254	11.5
1	42.41	836	19 x 44	0.254	10.1
2	33.63	665	19 x 35	0.254	8.59
3	26.67	532	19 x 28	0.254	7.72
4	21.15	420	7 x 60	0.254	6.91
5	16.77	336	7 x 48	0.254	5.97
6	13.30	266	7 x 38	0.254	5.33
7	10.55	210	7 x 30	0.254	4.55
8	8.366	168	7 x 24	0.254	3.99
9	6.634	133	7 x 19	0.254	3.81
10	5.261	104	1 x104	0.254	3.20
12	3.309	65	1 x 65	0.254	2.57
14	2.081	41	1 x 41	0.254	1.98
16	1.309	26	1 x 26	0.254	1.52
18	0.8230	16	1 x 16	0.254	1.22
20	0.5176	10	1 x 10	0.254	0.97
22	0.3255	7	1 x 7	0.254	0.76

En la *Figura 34* se selecciona el cable **AWG 22** esto debido a que el calibre comercial más cercano al obtenido es 0.3255mm^2 .

Selección de cable para el claxon

Acorde a las especificaciones técnicas del claxon se tiene 70W de consumo y una tensión nominal de 12 V, por lo tanto, la intensidad del circuito será:

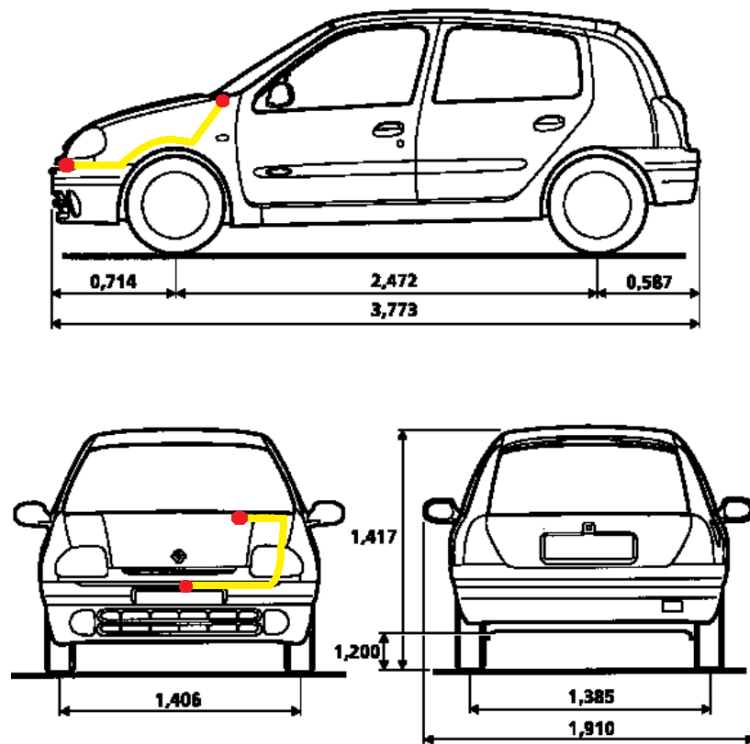
$$I = \frac{70W}{12 V} = 5.83 A \quad (40)$$

Desde la *Figura 35* se observa la posición que pretende tomar el cable para el claxon lo que nos permite estimar la longitud del cable para el circuito:

$$L = \frac{1.406}{2} m + 0.714 m = 1.417 m \approx 1.5m \quad (41)$$

Figura 35

Distribución de cable para claxon



$$A = \frac{2 \times 5.83 A \times 1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \times 1.5m}{0.36V} \times 10^6 = 0.8376 mm^2 \quad (42)$$

Figura 36

Selección cable de claxon

Calibre AWG ó kcmil	Area mm ²	Número Total de Hilos	Formación	Diámetro del Hilo mm	Diámetro del Cable Aproximado mm
1000	506.7	10101	37 x 7 x 39	0.254	36.0
900	456.0	9065	37 x 7 x 35	0.254	33.6
800	405.4	7980	19 x 7 x 60	0.254	33.1
750	380.0	7581	19 x 7 x 57	0.254	32.4
700	354.7	6916	19 x 7 x 52	0.254	30.7
650	329.4	6517	19 x 7 x 49	0.254	29.6
600	304.0	5985	19 x 7 x 45	0.254	28.6
550	278.7	5453	19 x 7 x 41	0.254	26.8
500	253.4	5054	19 x 7 x 38	0.254	25.1
450	228.0	4522	19 x 7 x 34	0.254	23.7
400	202.7	3990	19 x 7 x 30	0.254	22.3
350	177.3	3458	19 x 7 x 26	0.254	20.5
300	152.0	2989	7 x 7 x 61	0.254	19.5
250	126.7	2499	7 x 7 x 51	0.254	17.3
4/0	107.2	2107	7 x 7 x 43	0.254	15.9
3/0	85.03	1666	7 x 7 x 34	0.254	13.5
2/0	67.43	1323	7 x 7 x 27	0.254	11.9
1/0	53.48	1064	19 x 56	0.254	11.5
1	42.41	836	19 x 44	0.254	10.1
2	33.63	665	19 x 35	0.254	8.59
3	26.67	532	19 x 28	0.254	7.72
4	21.15	420	7 x 60	0.254	6.91
5	16.77	336	7 x 48	0.254	5.97
6	13.30	266	7 x 38	0.254	5.33
7	10.55	210	7 x 30	0.254	4.55
8	8.366	168	7 x 24	0.254	3.99
9	6.634	133	7 x 19	0.254	3.81
10	5.261	104	1 x104	0.254	3.20
12	3.309	65	1 x 65	0.254	2.57
14	2.081	41	1 x 41	0.254	1.98
16	1.309	26	1 x 26	0.254	1.52
18	0.8230	16	1 x 16	0.254	1.22
20	0.5176	10	1 x 10	0.254	0.97
22	0.3255	7	1 x 7	0.254	0.76

En la Figura 36 se observa que el cable seleccionado es **AWG 16** esto debido a que el área de sección transversal inmediato superior a 0.8376 mm^2 es 1.309 mm^2 dándole mayor fiabilidad al circuito.

Selección de cable para swicth general

La FIA (2023) establece en su reglamento la utilización de un corte de corriente general para todos los circuitos que se encuentren en el vehículo de rally lo que indica que en algún punto del circuito soportará todas las intensidades de los sistemas que parten de él, por lo tanto, la intensidad del circuito se establece en la suma de todas las intensidades de los sistemas anteriores.

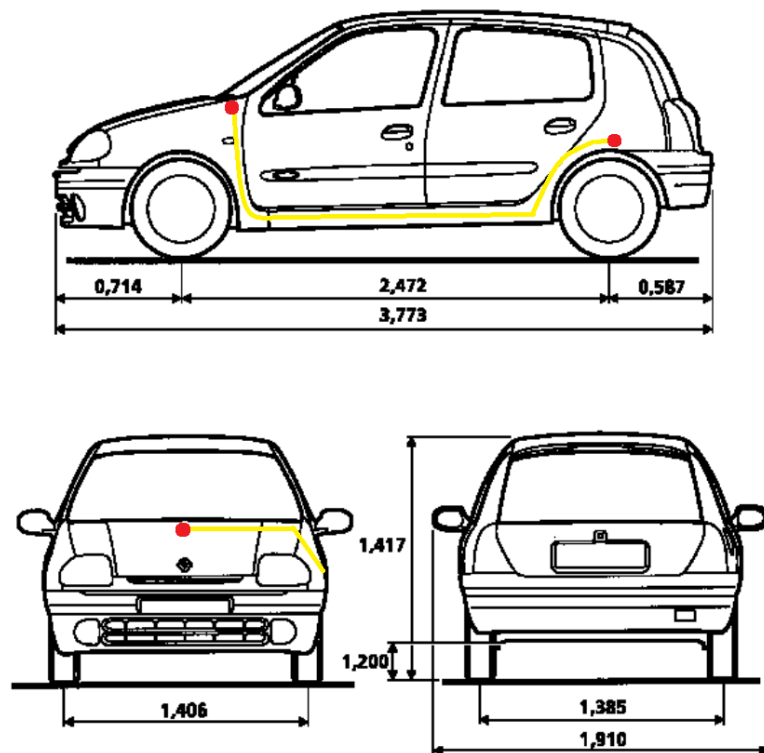
$$I = 110 + 70,8 + 3,6 + 1,64 + 3,6 + 3,6 + 9,6 + 3,3 + 0,33 + 5,83 = 212.3 \text{ A} \quad (43)$$

En la Figura 37 se representa el bosquejo de la distribución del cable para el swicht general, mismo que irá conectado por un polo directo a la batería y por el otro a la alimentación positiva de los fusibles para cada sistema.

$$L = \frac{1.406}{2} \text{ m} + 2.472 \text{ m} = 3.175 \text{ m} \approx 3 \text{ m} \quad (44)$$

Figura 37

Distribución de cable para Swicht General



Con los datos obtenidos se procede a realizar el cálculo del área de sección transversal del cable:

$$A = \frac{2 \times 212.3 \text{ A} \times 1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \times 3 \text{ m}}{0.36 \text{ V}} \times 10^6 = 61.00 \text{ mm}^2 \quad (45)$$

Figura 38

Selección Cable Swicht General

Calibre AWG ó kcmil	Area mm²	Número Total de Hilos	Formación	Diámetro del Hilo mm	Diámetro del Cable Aproximado mm
1000	506.7	10101	37 x 7 x 39	0.254	36.0
900	456.0	9065	37 x 7 x 35	0.254	33.6
800	405.4	7980	19 x 7 x 60	0.254	33.1
750	380.0	7581	19 x 7 x 57	0.254	32.4
700	354.7	6916	19 x 7 x 52	0.254	30.7
650	329.4	6517	19 x 7 x 49	0.254	29.6
600	304.0	5985	19 x 7 x 45	0.254	28.6
550	278.7	5453	19 x 7 x 41	0.254	26.8
500	253.4	5054	19 x 7 x 38	0.254	25.1
450	228.0	4522	19 x 7 x 34	0.254	23.7
400	202.7	3990	19 x 7 x 30	0.254	22.3
350	177.3	3458	19 x 7 x 26	0.254	20.5
300	152.0	2989	7 x 7 x 61	0.254	19.5
250	126.7	2499	7 x 7 x 51	0.254	17.3
4/0	107.2	2107	7 x 7 x 43	0.254	15.9
3/0	85.03	1666	7 x 7 x 34	0.254	13.5
2/0	67.43	1323	7 x 7 x 27	0.254	11.9
1/0	53.48	1064	19 x 56	0.254	11.5
1	42.41	836	19 x 44	0.254	10.1
2	33.63	665	19 x 35	0.254	8.59
3	26.67	532	19 x 28	0.254	7.72
4	21.15	420	7 x 60	0.254	6.91
5	16.77	336	7 x 48	0.254	5.97
6	13.30	266	7 x 38	0.254	5.33
7	10.55	210	7 x 30	0.254	4.55
8	8.366	168	7 x 24	0.254	3.99
9	6.634	133	7 x 19	0.254	3.81
10	5.261	104	1 x 104	0.254	3.20
12	3.309	65	1 x 65	0.254	2.57
14	2.081	41	1 x 41	0.254	1.98
16	1.309	26	1 x 26	0.254	1.52
18	0.8230	16	1 x 16	0.254	1.22
20	0.5176	10	1 x 10	0.254	0.97
22	0.3255	7	1 x 7	0.254	0.76

En la *Figura 38* se detalla que el cable a seleccionar es **AWG 2/0** debido a que el área de sección transversal inmediata superior a 61.00 mm^2 es 67.43 mm^2 asegurando así que el cable resistirá la carga de todos los circuitos.

Selección de cable para electroventilador Original

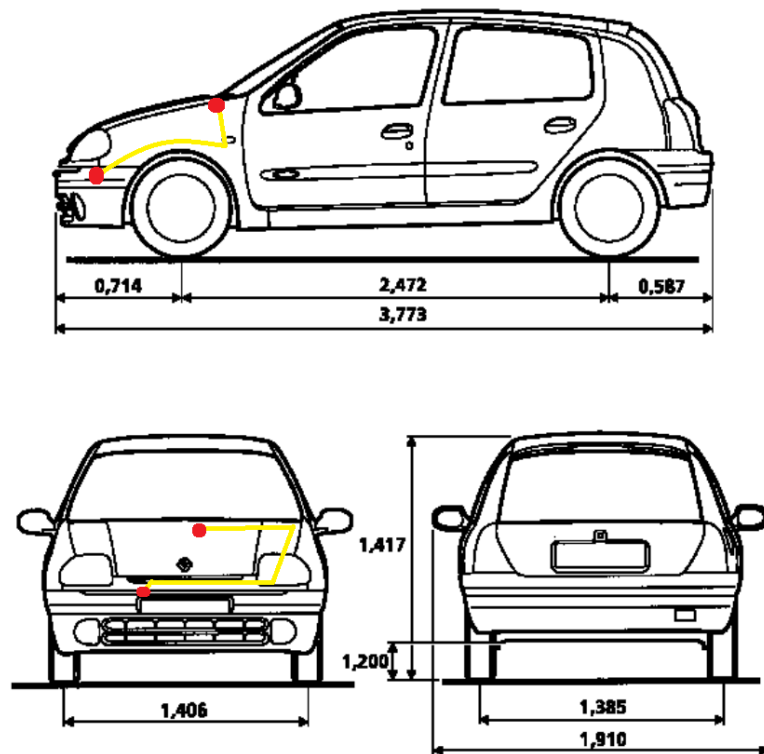
Desde la potencia nominal se puede obtener la intensidad del circuito.

$$I = \frac{185 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 15,4 \text{ A} \quad (46)$$

En función del camino a recorrer por el cable desde la Figura 39 se puede estimar una longitud total de 2 metros de cable.

Figura 39

Distribución de cableado para electroventilador



Con las consideraciones obtenidas se tiene como sección transversal

$$A = \frac{2 \times 15,4 \text{ A} \times 1,7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \times 2 \text{ m}}{0,36 \text{ V}} \times 10^6 = 4,42 \text{ mm}^2 \quad (47)$$

Figura 40

Selección de cable para electroventilador Original

Calibre AWG ó kcmil	Area mm ²	Número Total de Hilos	Formación	Diámetro del Hilo mm	Diámetro del Cable Aproximado mm
1000	506.7	10101	37 x 7 x 39	0.254	36.0
900	456.0	9065	37 x 7 x 35	0.254	33.6
800	405.4	7980	19 x 7 x 60	0.254	33.1
750	380.0	7581	19 x 7 x 57	0.254	32.4
700	354.7	6916	19 x 7 x 52	0.254	30.7
650	329.4	6517	19 x 7 x 49	0.254	29.6
600	304.0	5985	19 x 7 x 45	0.254	28.6
550	278.7	5453	19 x 7 x 41	0.254	26.8
500	253.4	5054	19 x 7 x 38	0.254	25.1
450	228.0	4522	19 x 7 x 34	0.254	23.7
400	202.7	3990	19 x 7 x 30	0.254	22.3
350	177.3	3458	19 x 7 x 26	0.254	20.5
300	152.0	2989	7 x 7 x 61	0.254	19.5
250	126.7	2499	7 x 7 x 51	0.254	17.3
4/0	107.2	2107	7 x 7 x 43	0.254	15.9
3/0	85.03	1666	7 x 7 x 34	0.254	13.5
2/0	67.43	1323	7 x 7 x 27	0.254	11.9
1/0	53.48	1064	19 x 56	0.254	11.5
1	42.41	836	19 x 44	0.254	10.1
2	33.63	665	19 x 35	0.254	8.59
3	26.67	532	19 x 28	0.254	7.72
4	21.15	420	7 x 60	0.254	6.91
5	16.77	336	7 x 48	0.254	5.97
6	13.30	266	7 x 38	0.254	5.33
7	10.55	210	7 x 30	0.254	4.55
8	8.366	168	7 x 24	0.254	3.99
9	6.634	133	7 x 19	0.254	3.81
10	5.261	104	1 x 104	0.254	3.20
12	3.309	65	1 x 65	0.254	2.57
14	2.081	41	1 x 41	0.254	1.98
16	1.309	26	1 x 26	0.254	1.52
18	0.8230	16	1 x 16	0.254	1.22
20	0.5176	10	1 x 10	0.254	0.97
22	0.3255	7	1 x 7	0.254	0.76

En la **Figura 40** se muestra que el cable a seleccionar es **10 AWG** ya a que el área de sección transversal inmediata superior a 4.42 mm^2 es 5.261 mm^2 .

Selección de cable para electroventilador Adicional

Se toma en cuenta la potencia del electroventilador para obtener la intensidad total que circulará por el circuito.

$$I = \frac{90W}{12 V} = 7.5 A \quad (48)$$

Se estima la misma longitud de la Figura 40 para la longitud del cableado

$$A = \frac{2 \times 7.5 A \times 1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \times 2 m}{0.36V} \times 10^6 = 1.436 mm^2 \quad (49)$$

Figura 41

Selección de cable para electroventilador Adicional

Calibre AWG ó kcmil	Area mm²	Número Total de Hilos	Formación	Diámetro del Hilo mm	Diámetro del Cable Aproximado mm
1000	506.7	10101	37 x 7 x 39	0.254	36.0
900	456.0	9065	37 x 7 x 35	0.254	33.6
800	405.4	7980	19 x 7 x 60	0.254	33.1
750	380.0	7581	19 x 7 x 57	0.254	32.4
700	354.7	6916	19 x 7 x 52	0.254	30.7
650	329.4	6517	19 x 7 x 49	0.254	29.6
600	304.0	5985	19 x 7 x 45	0.254	28.6
550	278.7	5453	19 x 7 x 41	0.254	26.8
500	253.4	5054	19 x 7 x 38	0.254	25.1
450	228.0	4522	19 x 7 x 34	0.254	23.7
400	202.7	3990	19 x 7 x 30	0.254	22.3
350	177.3	3458	19 x 7 x 26	0.254	20.5
300	152.0	2989	7 x 7 x 61	0.254	19.5
250	126.7	2499	7 x 7 x 51	0.254	17.3
4/0	107.2	2107	7 x 7 x 43	0.254	15.9
3/0	85.03	1666	7 x 7 x 34	0.254	13.5
2/0	67.43	1323	7 x 7 x 27	0.254	11.9
1/0	53.48	1064	19 x 56	0.254	11.5
1	42.41	836	19 x 44	0.254	10.1
2	33.63	665	19 x 35	0.254	8.59
3	26.67	532	19 x 28	0.254	7.72
4	21.15	420	7 x 60	0.254	6.91
5	16.77	336	7 x 48	0.254	5.97
6	13.30	266	7 x 38	0.254	5.33
7	10.55	210	7 x 30	0.254	4.55
8	8.366	168	7 x 24	0.254	3.99
9	6.634	133	7 x 19	0.254	3.81
10	5.261	104	1 x 104	0.254	3.20
12	3.309	65	1 x 65	0.254	2.57
14	2.081	41	1 x 41	0.254	1.98
16	1.309	26	1 x 26	0.254	1.52
18	0.8230	16	1 x 16	0.254	1.22
20	0.5176	10	1 x 10	0.254	0.97
22	0.3255	7	1 x 7	0.254	0.76

En la *Figura 41* se aprecia que el cable elegido es **14 AWG** debido a que el área de sección transversal inmediata superior a $1.436 mm^2$ es $2.081 mm^2$

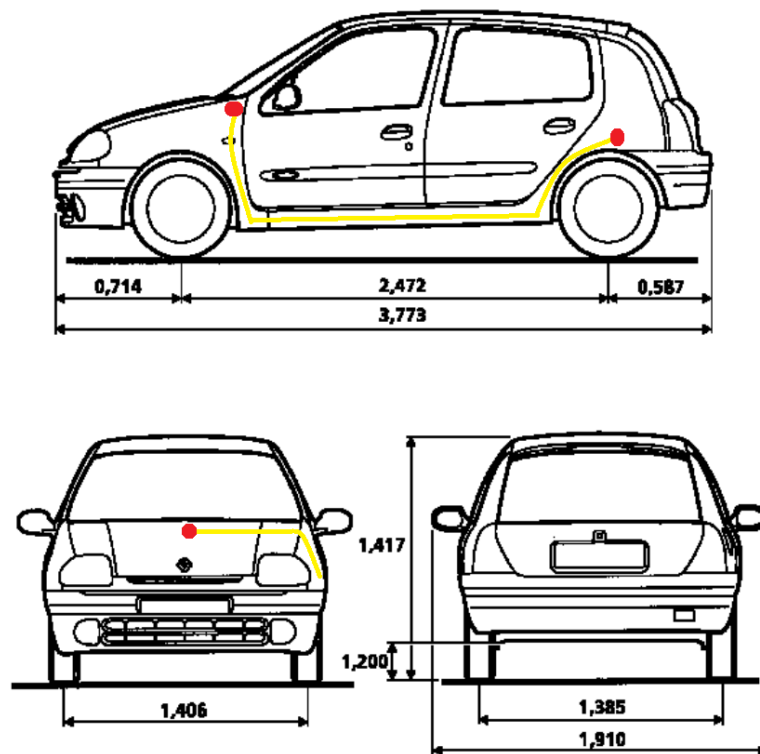
Selección de cable para bomba de combustible.

Desde la *Figura 42* se puede observar el esquema de distribución de cableado para el cual se puede estimar la longitud

$$L = \frac{1.406}{2} m + 2.472 m = 3.175 m \approx 3m \quad (50)$$

Figura 42

Distribución de cableado para bomba de combustible



Con los datos obtenidos se procede a calcular la sección transversal del cable para el circuito de la bomba de combustible.

$$A = \frac{2 \times 6.5 A \times 1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \times 3 m}{0.36V} \times 10^6 = 1.867 mm^2 \quad (51)$$

Figura 43

Selección de cable para bomba de combustible

Calibre AWG ó kcmil	Area mm²	Número Total de Hilos	Formación	Diámetro del Hilo mm	Diámetro del Cable Aproximado mm
1000	506.7	10101	37 x 7 x 39	0.254	36.0
900	456.0	9065	37 x 7 x 35	0.254	33.6
800	405.4	7980	19 x 7 x 60	0.254	33.1
750	380.0	7581	19 x 7 x 57	0.254	32.4
700	354.7	6916	19 x 7 x 52	0.254	30.7
650	329.4	6517	19 x 7 x 49	0.254	29.6
600	304.0	5985	19 x 7 x 45	0.254	28.6
550	278.7	5453	19 x 7 x 41	0.254	26.8
500	253.4	5054	19 x 7 x 38	0.254	25.1
450	228.0	4522	19 x 7 x 34	0.254	23.7
400	202.7	3990	19 x 7 x 30	0.254	22.3
350	177.3	3458	19 x 7 x 26	0.254	20.5
300	152.0	2989	7 x 7 x 61	0.254	19.5
250	126.7	2499	7 x 7 x 51	0.254	17.3
4/0	107.2	2107	7 x 7 x 43	0.254	15.9
3/0	85.03	1666	7 x 7 x 34	0.254	13.5
2/0	67.43	1323	7 x 7 x 27	0.254	11.9
1/0	53.48	1064	19 x 56	0.254	11.5
1	42.41	836	19 x 44	0.254	10.1
2	33.63	665	19 x 35	0.254	8.59
3	26.67	532	19 x 28	0.254	7.72
4	21.15	420	7 x 60	0.254	6.91
5	16.77	336	7 x 48	0.254	5.97
6	13.30	266	7 x 38	0.254	5.33
7	10.55	210	7 x 30	0.254	4.55
8	8.366	168	7 x 24	0.254	3.99
9	6.634	133	7 x 19	0.254	3.81
10	5.261	104	1 x104	0.254	3.20
12	3.309	65	1 x 65	0.254	2.57
14	2.081	41	1 x 41	0.254	1.98
16	1.309	26	1 x 26	0.254	1.52
18	0.8230	16	1 x 16	0.254	1.22
20	0.5176	10	1 x 10	0.254	0.97
22	0.3255	7	1 x 7	0.254	0.76

En la Figura 43 se aprecia que el cable elegido es **14 AWG** ya que el área de sección transversal inmediata superior a 1.867 mm^2 es 2.081 mm^2 .

Cálculos para la selección de fusibles.

La selección correcta de los fusibles automotrices afecta la protección y el rendimiento del sistema eléctrico automotriz. En un coche de rally. Según Littelfuse Selection Guide, la corriente nominal del fusible recomendado es el 125 % de la corriente máxima esperada que opera en ese circuito. Tales conclusiones ponen un margen adicional que le permitirá al fusible controlar los picos de esta corriente sin dañar la circulación de corriente en la corriente ordinaria.

Por lo tanto, este enfoque asegura no solo de sobrecarga y cortocircuito, sino también asegura la durabilidad y fiabilidad del sistema principal de los coches en los duros entornos de competición. La información proporcionada en la Figura 44 marca una buena base para asegurarse de que los sistemas eléctricos de los coches cumplan con los requisitos de desempeño y protección en el duro entorno de las competiciones.

Figura 44

Datos técnicos de fusibles

Part Number	Current Rating (A)	Housing Material Color	Test Cable Size (mm ²)	Typ. Voltage Drop (mV)	Typ.Cold Resistance (mΩ)	Typ. I ² t (A ² s)
0287001_	1	Black	0.35	176	123	0.4
0287002_	2	Grey	0.35	141	53.5	1.4
0287003_	3	Purple	0.35	137	31.1	7.4
0287004_	4	Pink	0.35	136	22.8	14
0287005_	5	Brown	0.5	128	17.85	26
028707.5_	7.5	Dark Brown	0.75	116	10.91	60
0287010_	10	Red	1	109	7.70	115
0287015_	15	Blue	1.5	102	4.80	340
0287020_	20	Yellow	2.5	98	3.38	520
0287025_	25	Light Yellow	2.5	92	2.52	1 000
0287030_	30	Green	4	84	1.97	1 500
0287035_	35	Dark Green	6	87	1.61	2 300
0287040_	40	Orange	6	96	1.44	3 300
0287900_	SHUNT	White	-	-	-	-

Fuente: LittlelFuse (2022)

En la *Figura 44* se encuentra los fusibles recomendados por el fabricante para los circuitos adyacentes no considerados en este proyecto de titulación.

Tabla 1

Datos de Fusibles

Sistema	Fusible Seleccionado Por Fabricante (Color)	Intensidad del Fusible (A)
Bobinas	Verde	30
Inyectores	Azul	15
Computadora	Naranja	5

Fuente: Renault (2003a).

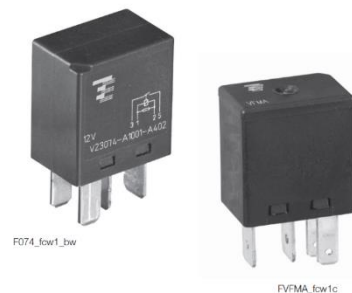
Así, en conclusión, la correcta elección de los fusibles es necesaria para mantener seguro y eficaz el vehículo de rally. Después de elegirlos de acuerdo con Littelfuse, no solo se protegió todo contra daños debido al exceso de fuerza eléctrica y errores.

Selección de Relays

Podemos comenzar por la selección de los relés correctos para el sistema eléctrico del automóvil. Dado que se basa en la intensidad actual de los circuitos, el relé juega un papel importante en el control de corrientes altas en los sistemas. Toda la electrónica actual utiliza circuitos de baja corriente para activar o desactivar elementos de alta corriente sin la necesidad de salvaje interruptor mecánico. Para obtener el diseño más eficiente y confiable, se elige el tipo de relé Micro ISO Relays, y automatic. Para aplicaciones de rally donde una disminución en el peso puede modificar dramáticamente el rendimiento de su vehículo, este tipo de relé en particular no solo es compacto, sino que también es aproximadamente del 50% del peso de los relés clásicos.

Figura 45

Micro ISO Relays



Fuente: Tyco Electronics Corporation (2022)

La *Figura 45* muestra los Micro ISO Relays los cuales no solo ofrecen ventajas en términos de tamaño y peso, sino que también cumplen con las normativas y estándares automotrices vigentes, garantizando su fiabilidad y seguridad en condiciones extremas de operación. Estos relés están diseñados para soportar altas intensidades de corriente, lo que los hace ideales para su uso en los circuitos del sistema de luces y otros componentes del arnés eléctrico.

Figura 46

Ficha técnica de Micro ISO Relays

Contact Data	Form A Standard		Form C		Form A HC	Form C HC
Contact arrangement	1 form A, 1 NO	1 form A, 1 NO	1 form C, 1 CO	1 form C, 1 CO	1 form A, 1 NO	1 form C 1 CO
Rated voltage	12VDC	24VDC	12VDC	24VDC ⁸⁾	12VDC	12VDC
Limiting continuous current, form A/form B		NO/NC	NO/NC			
23°C	30A	30A	30/20A	30/20A	35A	35/25A
85°C	25A	25A	25/15A	25/15A	30A	30/20A
125°C	10A	10A	10/8A	10/8A	15A	15/10A
Limiting making current ¹⁾²⁾ , A/B (NO/NC)	120A	120A	120/40A	120/20A	120A	120/40A
Limiting breaking current	30A	20A	30/15A	20/10A	30A	30/20A
Limiting short-time current, overload current, ISO 8820-3 ³⁾						
	1.35 x 25A, 1800s		1.35 x 25A, 1800s		1.35 x 30A, 1800s	
	2.00 x 25A, 5s		2.00 x 25A, 5s		2.00 x 30A, 5s	
	3.50 x 25A, 0.5s		3.50 x 25A, 0.5s		3.50 x 30A, 0.5s	
	6.00 x 25A, 0.1s		6.00 x 25A, 0.1s		6.00 x 30A, 0.1s	

Fuente: Tyco Electronics Corporation (2022)

En la *Figura 46* se observa que la intensidad de cada sistema se encuentra por debajo de los límites del Micro ISO relay, lo que garantiza que estos relés pueden manejar eficientemente la carga de los diferentes circuitos del sistema de luces.

El diseño incorpora cuatro Micro ISO relays posicionados estratégicamente entre los sistemas eléctricos del automóvil. La disposición de la distribución ayuda a activar y desactivar los sistemas de la manera más efectiva dando prioridad a una operación fiable y segura. Teniendo en cuenta el diseño liviano y compacto de los Micro ISO relays y el cumplimiento de las normativas, los hace óptimos en su aplicación a eventos de rally exigentes.

Diagrama del Circuito eléctrico

El paso más crucial de todo el sistema eléctrico del vehículo es el diseño del diagrama. Esto permite a todos los componentes eléctricos visualizarse y planificarse. Un diagrama esquemático más detallado que abarque todos los consumidores que se utilice los datos técnicos y también tiene en cuenta todas las especificaciones que nos permitirían identificar cualquier problema y asegurarse de que se cumpla con los estándares de seguridad y competencia que cumplen la competencia de rally.

Para el diseño del diagrama esquemático del circuito, se empleó KiCad, un software de diseño electrónico libre y de código abierto. KiCad ofrece una suite completa de herramientas para el diseño de esquemáticos siendo ideal para proyectos de ingeniería automotriz debido a su flexibilidad y capacidad para manejar diseños complejos sin incurrir en costos adicionales de software.

El proceso de diseño del diagrama esquemático en KiCad sigue varios pasos fundamentales:

El esquema de la *Figura 47* abarca el sistema eléctrico completo de luces. Se consideraron los colores originales del fabricante para cada cable.

Circuito del Sistema Eléctrico de Luces en EveryCircuit.

EveryCircuit es un software de simulación eléctrica interactivo que permite a los usuarios diseñar y analizar circuitos eléctricos en tiempo real. Este programa es especialmente útil para la educación y el desarrollo de proyectos de ingeniería, ofreciendo una visualización dinámica y una interfaz intuitiva para entender el comportamiento de los circuitos eléctricos.

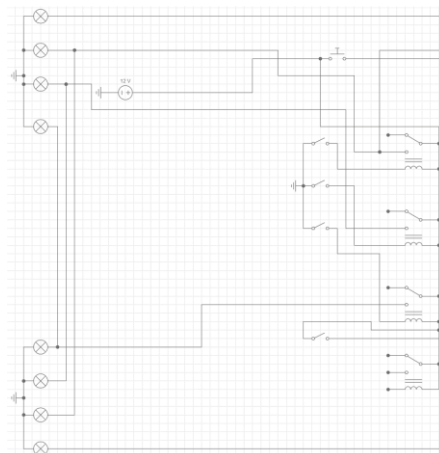
El software EveryCircuit se empleará para simular el circuito completo de luces del vehículo de rally, incorporando todos los datos obtenidos de la recolección de información del fabricante. Estos datos incluyen las especificaciones de cada componente, como la tensión y la potencia de los focos

Sistema de Luces Frontales

El diagrama esquemático de la *Figura 48* representa las luces frontales esto incluye los focos, interruptores y las conexiones necesarias para el funcionamiento adecuado.

Figura 48

Diagrama Esquemático Luces Frontales



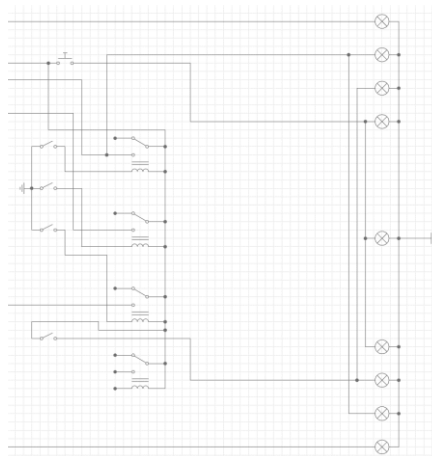
Sistema de Luces Posteriores

El diagrama esquemático de la

Figura 49 representa las luces posteriores y se centra en la inclusión de los faros delanteros, así como sus respectivos interruptores y conexiones

Figura 49

Diagrama Esquemático Luces Posteriores



Implementación del arnés eléctrico en el vehículo de Rally

En esta sección, se revisará el proceso de conformado del arnés eléctrico y su montaje en el vehículo Renault Clio de rally. El enfoque se dividirá por sistemas para asegurar una instalación ordenada y eficiente que cumpla con los estándares de la FIA y las necesidades específicas del rally.

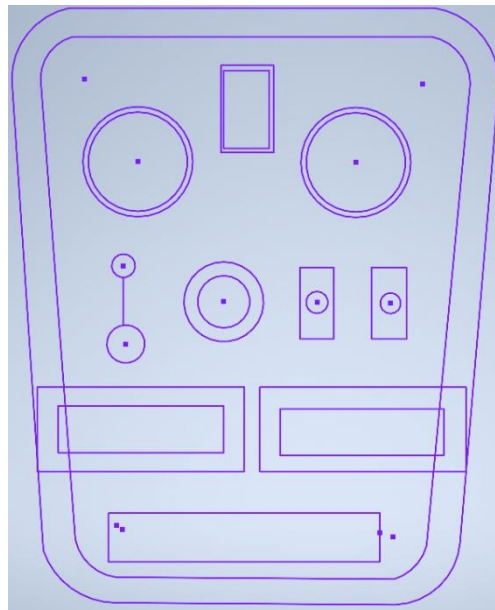
Panel de mando

Los controles de cada sistema se ubicaron en un panel permitiendo así su fácil acceso para el piloto y copiloto, en primera instancia se diseñó la distribución de los distintos

mandos y manómetros encargados de gobernar o monitorear los variados sistemas eléctricos que se abordan.

Figura 50

Diseño Panel



La Figura 50 muestra el diseño del panel tomando en cuenta las dimensiones de cada componente consiguiendo una distribución equitativa y estratégica para los mismos.

Conformado del Cableado

Para la unión de los distintos tramos de cable o intersección de los mismos con los componentes se utilizaron soldaduras de estaño como se muestra en la Figura 51 esto para asegurarse del correcto funcionamiento y alta fiabilidad del arnés.

Figura 51

Unión Soldada de Cables



Como elemento aislante e impermeabilizante para cubrir las soldaduras se utilizó material termo-fundente como lo muestra la Figura 51 lo que asegura no ocurran aterrizaciones de los cables a tierra o cortocircuitos.

Figura 52

Recubrimiento con material Termo Fundente



Siguiendo el diagrama eléctrico de la *Figura 52* en base al código de colores y al calibre calculado para cada cable con las longitudes estimadas se construyó el arnés que alimenta de energía eléctrica a cada sistema y sus consumidores obteniendo así la *Figura 53*.

Figura 53

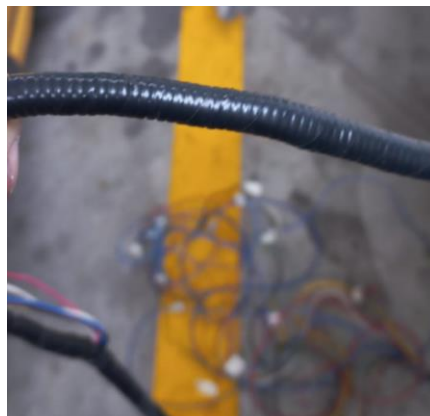
Arnés Construido



Con el fin de proteger los cables se emplea una manguera corrugada tipo espaguetti como lo muestra la *Figura 54* misma que será envuelta en su totalidad con cinta aislante como la mostrada en la *Figura 53* brindando así al arnés mayor fiabilidad en conducciones extremas.

Figura 54

Arnés con manguera espaguetti



Ruteado del cableado

Acorde a la distribución de los componentes frontales y posteriores del vehículo se divide el arnés según hacia la parte frontal y posterior del vehículo.

La *Figura 55* muestra la sección posterior del arnés misma que se rutea por la parte lateral del vehículo entre los paneles de la carrocería sujetando el mazo de cables con correas asegurándose de reducir las vibraciones del mismo

Figura 55

Ruteado Cableado Trasero



La sección trasera sale por el parante superior trasero de la carrocería y se divide en los distintos circuitos para los cuales estaba destinado tal como lo muestra la *Figura 56*

Figura 56

Cableado Trasero



Para poder llevar el mazo de cables a la parte frontal del vehículo se ruteó a través del interior del guardafango sujetándolo en puntos clave con correas plásticas ajustables como lo muestra la *Figura 57*

Figura 57

Ruteado Cableado Delantero



La sección mostrada en la *Figura 58* distribuye el cableado para los faros delanteros, motor de arranque, electroventiladores, claxon, limpiaparabrisas y alternador.

Figura 58

Sección Frontal Arnés



Instalación del cableado para Motor de arranque

Con la ayuda de un terminal para cable se energizó al borne correspondiente en el motor de arranque con el cable respectivo que parte de la sección frontal como lo muestra la *Figura 59*.

Figura 59

Cableado Motor de Arranque



Instalación del cableado para Sistema de Luces

Desde la Sección Frontal del arnés se colocaron los cables con sus sockets correspondientes para los faros frontes con los circuitos de luces de carretera *Figura 60* y luces de cruce *Figura 61* todos estos recubiertos con maguera corrugada y cinta aislante eléctrica sujetos con correas en puntos clave dándole rigidez al cableado como lo muestran las siguientes figuras:

Figura 60

Cableado Luces de Carretera



Figura 61

Cableado Luces de Cruce



La Figura 62 muestra la sección trasera del arnés que alimenta a los faros posteriores y a la tercera luz de stop.

Figura 62

Ruteado Faros Posteriores



La Figura 63 indica como con terminales para cable se ubicó el cableado en su pin correspondiente al establecido por el fabricante en el faro posterior alimentando el circuito de freno, reversa y direccionales.

Figura 63

Socket Faro Posterior



Una vez conectado el socket al faro fue fijado a la carrocería en sus puntos de anclajes correspondiente quedando instalado como lo muestra en la *Figura 64*.

Figura 64

Faro Posterior Instalado



El elemento que electrónico que permite encender las luces en intervalos intermitentes es el flasher *Figura 65* mismo que se utilizó e instaló en el vehículo para adicionarlo al sistema eléctrico de luces direccionales y parqueo.

Figura 65

Flasher para luces direccionales



Con la ayuda de un tester o multímetro como se muestra en la *Figura 66* se comprobó el funcionamiento de la palanca que comanda los distintos sistemas eléctricos relacionados con las luces en el vehículo con el fin de conectar todos los circuitos eléctricos al mismo

Figura 66

Comprobación de palanca de luces



Instalación del cableado para Limpiaparabrisas

Mediante la sección frontal del arnés se consigue el cableado correspondiente para el limpiaparabrisas que es ruteado por la parte superior de la pared de fuego del vehículo como lo indica la *Figura 67*

Figura 67

Cableado Limpiaparabrisas



Instalación del cableado para Claxon

Con la ayuda de elementos de sujeción como lo son una pletina, pernos y tuercas se inmovilizó el claxon hacia la carrocería del vehículo y luego se lo conectó al cableado respectivo como lo indica la *Figura 68*

Figura 68

Claxon Instalado



Instalación del cableado para Electroventiladores

El cableado energiza independientemente los electroventiladores, el original y el adicional mismo que se lo incluyo para evitar recalentamientos en el sistema de refrigeración en condiciones ambientales distintas como la costa ecuatoriana donde la diferencia de altura y presión elevan la temperatura ambiental pudiendo repercutir en la integridad del motor.

Cada cableado para los electroventiladores fue sujetado con correas plásticas al travesaño frontal del vehículo como lo muestra la *Figura 69*

Figura 69

Cableado Electroventiladores



En los puntos de sujeción mostrados en la *Figura 70* se ancla el electroventilador original con la ayuda de pernos 10 mm con rosca M8 esto ayuda a mantener el electroventilador muy cerca del radiador lo que permitió un enfriamiento adecuado del mismo.

Figura 70

Sujeción Electroventilador



Instalación Sensor de Temperatura

Desde la sección de cableado frontal se obtiene la conexión para el sensor mismo que mediante un acoplé está posicionado de tal manera que monitorea la temperatura del líquido refrigerante posterior a su salida del motor como lo muestra la *Figura 71*

Figura 71

Sensor de Temperatura Instalado



Instalación Pulsadores Copiloto

Siguiendo la normativa se instalaron 2 pulsadores como lo muestra la *Figura 72*, los cuales serán accionados por los pies del copiloto en caso de ser necesarios.

. En cada pulsador existe un control para el circuito de claxon y limpiaparabrisas respectivamente

Figura 72

Pulsadores Copiloto



Instalación Caja de Batería

Para cumplir con la normativa dispuesta por la FIA se fabricó una base de aluminio a la medida de la batería, esta base se sujetó en 4 puntos mediante remaches metálicos hacia la carrocería del vehículo.

Esta base cuenta con una capa aislante de 3 tiras de etilvinilacetato automotriz como lo muestra la *Figura 73*

Figura 73

Base de Batería



Mediante ángulos y pernos de anclaje *Figura 73* se sujetó la caja protectora de la batería hacia la carrocería del vehículo, obteniendo así el conjunto que protege al batería mostrado en la *Figura 74* y *Figura 75* respectivamente.

Figura 74

Caja de batería vista Frontal



Figura 75

Caja de batería vista Posterior



Instalación de Panel de Mando

Todos los sistemas antes mencionados están conectados a swichs o manómetros que se reúnen en el panel de mando, además los fusibles y relés están ubicados en la parte inferior. el swicht general de corriente está ubicado en el centro del panel.

Todo el cableado se conecta con la ayuda de terminales hacía los mandos por la parte posterior del panel como lo muestra la *Figura 76*

Figura 76

Conexión de Panel de Mando



Con el arnés eléctrico completamente conformado y montado en el vehículo, el siguiente paso es proceder a la evaluación de los resultados obtenidos. Estos resultados incluirán todas las tablas de cálculos realizados, las simulaciones ejecutadas, y la verificación del sistema eléctrico completo en funcionamiento del vehículo. La recopilación de estos datos será fundamental para demostrar la eficacia del diseño y asegurar que el arnés cumple con los requisitos de fiabilidad estipulados para las competencias de rally.

Evaluación de funcionamiento y fiabilidad del arnés eléctrico implementado en el vehículo

Para verificar la funcionalidad y fiabilidad del arnés eléctrico del Renault Clio adaptado para rally se utilizó un dinamómetro automotriz. La prueba en particular ha experimentado el desempeño del arnés en condiciones controladas y extenuantes ya que el vehículo soportará ciclos largos de funcionamiento con el fin de mostrar las posibles fallas del sistema.

En la Figura 77 se aprecia el vehículo montado en el dinamómetro durante la prueba de funcionamiento y fiabilidad, en esta se mantuvo el vehículo funcionando durante 8 horas seguidas mientras se monitoreaban diversos datos concernientes al motor empleados en otros proyectos de investigación.

Figura 77

Prueba en Dinamómetro



Luego de concluir el ensayo, el arnés eléctrico del Renault Clio continuó funcionando con perfecta normalidad lo que valida la fiabilidad del sistema eléctrico en general y la resistencia del mismo en condiciones de uso sostenidas por largos periodos de tiempo sin comprometer el desempeño del vehículo.

Los resultados obtenidos probaron que el diseño e implementación del sistema fue llevado a cabo con éxito lo que da la confiabilidad al vehículo para poder participar en competencias de rally.

Resultados Obtenidos

Como primer resultado se obtuvieron los calibres de cable para cada circuito siguiendo la normativa AWG a través de cálculos matemáticos relacionados con la longitud del cable, la intensidad de cada circuito, la caída de tensión permisible y la conductividad eléctrica del material conductor seleccionado construyendo así la Tabla 2 mostrada a continuación

Tabla 2

Resultados del Calculo para la Selección de Calibre

Area (mm²)		Calibre AWG	Longitud (m)	Intensidad Circuito (A)	Sistema General
1,42238E-05	14,2 2	5	1,5	110	Alternador
1,01722E-05	10,1 7	7	1,5	70,8	Motor de arranque
1,37928E-06	1,38	14	4	3,6	Direccionales
6,28339E-07	0,63	18	4	1,64	Guía
1,37928E-06	1,38	14	4	3,6	Retro
1,76241E-06	1,76	14	4	4,6	Freno
1,83904E-06	1,84	14	2	9,6	Carretera y cruce
4,74128E-07	0,47	20	2	3,3	Limpiaparabrisas
7,90213E-08	0,08	22	2,5	0,33	Bomba de agua
8,37625E-07	0,84	16	1,5	5,83	Claxon
6,12918E-05	61,2 9	2/0	1,5	213,3	Switch General
4,42519E-06	4,43	10	2	15,4	Electroventilador Original

1,43675E-06	1,44	14	2	7,5	Electroventilador Adicional
1,86778E-06	1,87	14	3	6,5	Bomba de Combustible

En función de la intensidad de cada sistema, un factor de seguridad y la disponibilidad en el mercado se eligieron los fusibles que protegerán a cada sistema obteniendo así la Tabla 3 :

Tabla 3

Fusibles Seleccionados por Sistema

Sistema	Intensidad Circuito (A)	Intensidad 125% (A)	Fusible Seleccionado (Color)	Intensidad del Fusible (A)
Direccionales	3,6	4,5	Naranja	5
Guía	1,64	3,5	Naranja	5
Retro	3,6	4,5	Naranja	5
Freno	4,6	5,75	Café	7,5
Carretera	9,6	12	Azul	15
Cruce	9,6	12	Azul	15
Limpiaparabrisas	3,63	4,5375	Café	7,5
claxon	5,83	7,2875	Rojo	10
Electroventilador Original	15,4	19,25	Amarillo	20
Electroventilador Adicional	7,5	9,375	Rojo	10
Bomba de combustible	6,5	8,125	Rojo	10

En la *Figura 78* se visualiza los fusibles instalados en el panel de mando haciendo referencia a la Tabla 2 y a la Tabla 3 es decir los fusibles que gobiernan todos los sistemas eléctricos del vehículo

Figura 78

Fusibles Colocados en el Vehículo



Tabla 4

Posición de Fusibles

Posición Fusible	Color	Sistema
1	Naranja	Ecu
2	Azul	Inyectores
3	Verde	Bobinas
4	Rojo	Bomba de Combustible
5	Amarillo	Ventilador 1
6	Café	Ventilador 2
7	Rojo	Guía
8	Rojo	Claxon
9	Azul	Luces Carretera
10	Azul	Luces Cruce
11	Naranja	Luces de Reversa
12	Café	Luces de Freno
13	Naranja	Limpiaparabrisas
14	Rojo	Direccionales

En la Tabla 4 se muestra los fusibles, la posición que llevan en la fusiblera y el sistema al que pertenecen.

Parámetros de Simulación

Para llevar a cabo la simulación, se procederá a configurar los parámetros acordes a la Tabla 5, que recopila los datos técnicos de los consumidores eléctricos por sistema. Esta tabla incluye especificaciones como la tensión nominal, la potencia nominal y la cantidad de consumidores por sistema.

Tabla 5*Datos eléctricos de cada sistema*

Sistema	Potencia Nominal (w)	Consumidores	Intensidad por Consumidor (A)
Direccionales	21	4	1,8
guía	5	4	0,41
Retroceso	21	2	1,8
Freno	21	3	1,8
Carretera	55	2	4,5
Cruce	55	2	4,5
limpiaparabrisas	40-4	2	3,33-0,33
claxon	70	1	70
Electroventilador Adicional	185	1	185
Electroventilador Original	90	1	90

Todos los sistemas de iluminación han sido simulados bajo condiciones de operación, esta configuración se ha llevado a cabo en EveryCircuit . Configurando los parámetros de acuerdo con la Tabla 5, todos los componentes operan en sus límites seguros y la efectividad del fusible adicionado; queda verificada. Este proceso es fundamental para predecir fallas y cambiar la forma en la que el mazo ha sido construido antes de un prototipo físico, proceso que garantiza la confiabilidad y seguridad del sistema eléctrico automotriz.

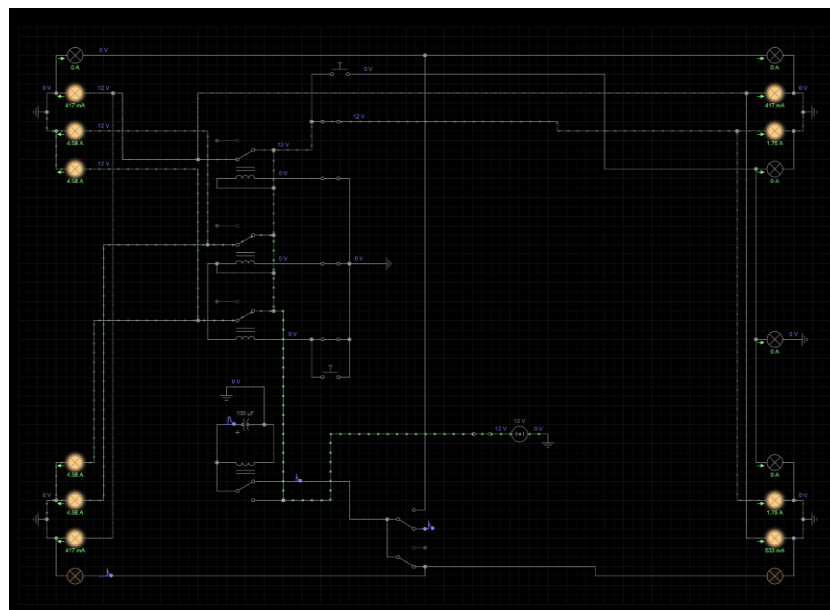
Simulación del sistema eléctrico de luces.

Para presentar la simulación obtenida del sistema de luces completo, se sub-simulan todos los componentes eléctricos necesarios en el software EveryCircuit. Esta simulación es crítica para observar el comportamiento del sistema en varias condiciones de trabajo. Al igual que en otros procedimientos, la simulación mostrada en la *Figura 79* debe ser suficientemente exacta para permitir el análisis de una serie de especificaciones detalladas sobre el diseño.

La simulación es por lo tanto crítica al descifrar algunos de los posibles puntos de fallo. Además, la simulación ha sido utilizada para determinar si el diseño cumple con las reglas requeridas utilizadas en el diseño, así como las reglas de trabajo normal y las reglas de seguridad de operación.

Figura 79

Simulación Sistema eléctrico de luces



Al visualizar la simulación, se pueden analizar en tiempo real las respuestas de cada componente eléctrico ante variaciones de carga y tensiones, facilitando la detección de posibles ineficiencias o sobrecargas. Esta herramienta es fundamental para validar el diseño del arnés eléctrico antes de su implementación en el vehículo, proporcionando una visión integral del desempeño del sistema de luces y garantizando su fiabilidad y seguridad en condiciones de competición de rally.

Otro resultado a destacar es la obtención del diagrama esquemático el cual representa todos los circuitos presentes en el vehículo dando así una guía técnica para la implementación

Luego de haber finalizado todas las conexiones y anclar el panel en el tablero se obtiene como resultado mostrado en la Figura 81 el panel de mando instalado en el habitáculo del vehículo

Figura 81

Panel de Mando Finalizado



Comprobando el sistema de luces frontales se obtiene como resultado los faros frontales encendidos con los distintos circuitos que se albergan en ellos como se visualiza en la Figura 82

Figura 82

Luces Frontales del Vehículo



Comprobando el sistema de luces posterior se obtiene como resultado los faros posteriores encendidos con los distintos circuitos que se albergan en ellos como se visualiza en *Figura 83*

Figura 83

Luces Posteriores del Vehículo



Discusión de Resultados

Normativa FIA Categoría Rally 5

En función de la normativa elegida para guiar el diseño de un arnés eléctrico para un vehículo de competencia categoría **Rally 5** se encuentran varios requisitos a cumplir como lo son:

- **Modificaciones del Sistema Eléctrico**

El reglamento establece que es permitido remover y/o adicionar fusibles y/o relays, así como modificar la ubicación de los mismos a conveniencia, además suspender sistemas que no estarán en funcionamiento al momento de una competencia.

La *Figura 84* muestra la ubicación de los fusibles y relays quienes son encargados de proteger y activar los circuitos eléctricos del vehículo respectivamente. En cuestión a

Figura 84

Fusibles y Relays



- **Habilitación de claxon y limpiaparabrisas para copiloto**

Como medida seguridad preventiva del vehículo y su entorno en competencia se le habilitó control del claxon y limpiaparabrisas al copiloto como así lo ampara la normativa de

la FIA, la *Figura 85* muestra los pulsadores de pie empleados en el vehículo mismos que están ubicados en una base metálica cerca al reposapiés del copiloto.

Figura 85

Pulsadores Copiloto

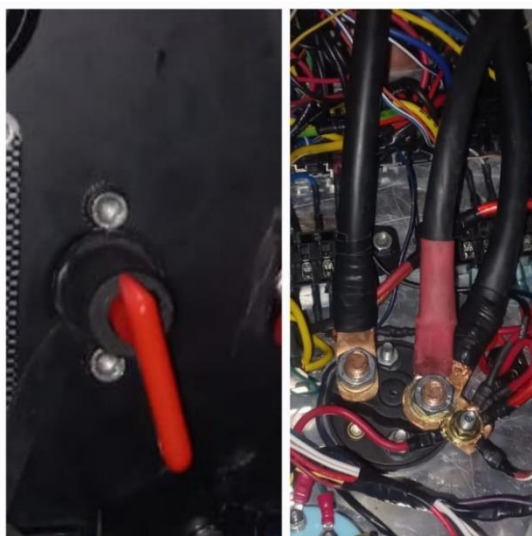


- **Corte de Corriente General**

Como medida de seguridad se solicita de manera obligatoria un Swicth general conectado a la batería que permita cortar el suministro de energía eléctrica a todos los sistemas del vehículo, la *Figura 86* muestra la posición del Swicht general y su instalación por detrás del panel de mando general

Figura 86

Corte de Corriente Genera



- **Ubicación de la batería**

La FIA establece que en caso de mover la batería de su lugar original y ubicarla dentro del habitáculo del vehículo se debe fijarla a una placa metálica con una capa aislante y sobre la batería una caja anclada hacia la carrocería del vehículo dejando la batería inmóvil como lo muestra la *Figura 87* precautelando la seguridad de los ocupantes del vehículo en caso de una colisión o volcadura.

Figura 87

Anclaje de Batería



- **Adición de Manómetros**

Debido a la ausencia de indicadores de precisión originales del vehículo en el ámbito como el aceite y líquido refrigerante se presenta la necesidad de informar a la tripulación los estados reales de estos sistemas.

Como accesorios permitidos a incluir en el vehículo se encuentran manómetros, los incluidos en este panel de mando monitorean la temperatura del líquido refrigerante y la presión de aceite para el motor mostrados en la *Figura 88*, parámetros que son cruciales

monitorear para mantenerse informado acerca del comportamiento del motor en condiciones extremas.

Figura 88

Manómetros de Temperatura y Presión



Comparativa Arnés original y Arnés Construido

En el ámbito de competición el peso del vehículo es un factor primordial a tomar en consideración ya que este influye de manera directa en la velocidad que puede alcanzar el mismo.

En la Tabla 6 se evidencia los datos recolectados del arnés Manufacturado y el arnés original, esto con el fin de compararlos y poder demostrar las mejoras en términos de eficiencia.

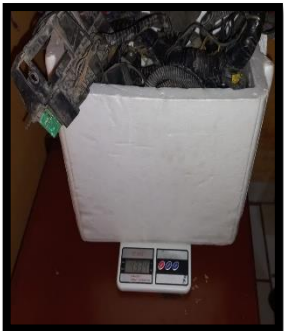
Se muestra la medición de los pesos correspondientes a cada arnés con el fin de cuantificar el peso reducido y el porcentaje de reducción conseguido a través del diseño y manufactura del nuevo Arnés mediante cálculos para determinar el diámetro correspondiente

bajo la normativa AWG además de extraer los sistemas complementarios del vehículo que no se utilizan en el ámbito competitivo.

Entre los sistemas suspendidos se encuentra la calefacción, vidrios eléctricos, retrovisores eléctricos, el aire acondicionado. Esto implica el retiro del circuito eléctrico para cada sistema es decir eliminar cableado, fusibles, relays y actuadores lo que provoca la reducción pronunciada del peso.

Tabla 6

Comparación de Pesos

Peso Arnés Original (g)	Peso Arnés Manufacturado (g)	Diferencia de Peso	Porcentaje de Reducción %
4334	1402		
		2932	68

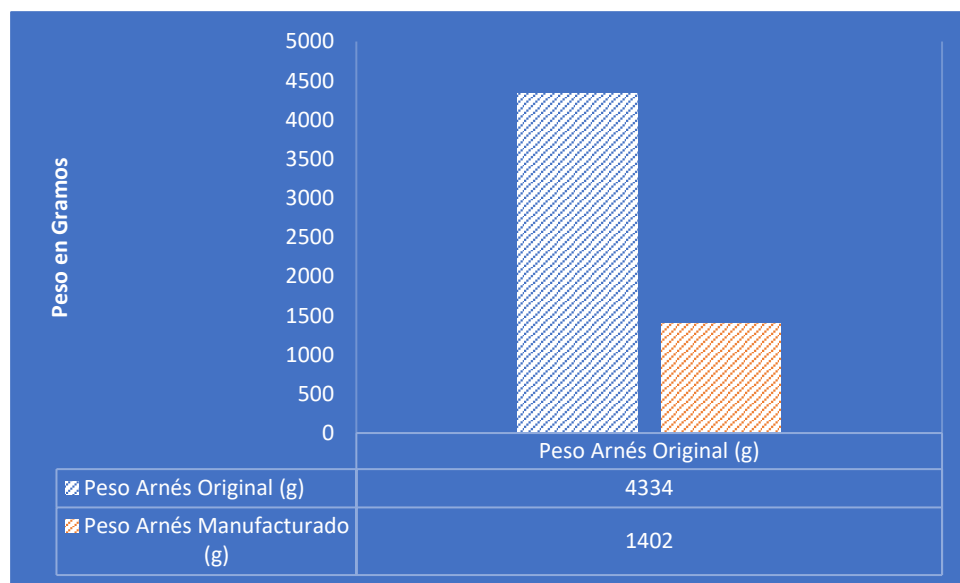
$$4334g - 1402g = 2932g \approx 2.9kg \quad (52)$$

$$100\% - \left(\frac{100\% * 1402g}{4334g} \right) = 68\% \quad (53)$$

En la *Figura 89* se muestra una comparación visual de los pesos de los arneses evidenciando una diferencia de 2kg como lo muestra la ecuación (52) además de una reducción del 68% en proporción lo que demuestra la eficiencia obtenida en la manufacturación del arnés.

Figura 89

Comparación de pesos



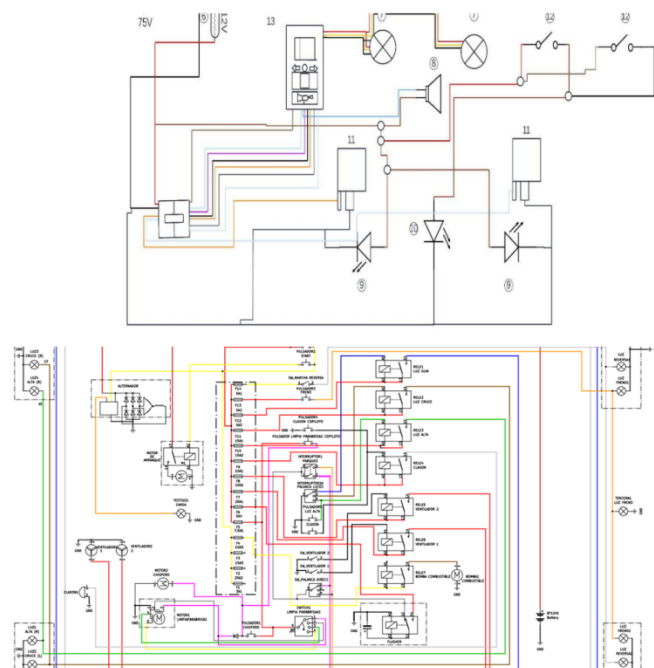
Estos cambios se deben a la extracción de sistemas eléctricos que no se utilizan en el ámbito competitivo como lo son circuitos de espejos eléctricos, vidrios eléctricos, calefacción, sistema de audio, la fusiblera y la reducción de tamaño en los relays

Comparación de Resultados con Estudios Previos sobre Arnés Eléctrico en Vehículos.

Si bien la mayoría de los aspectos del arnés eléctrico y el esquema propuestos en el presente estudio se pueden considerar similares a los planteados por Bustamante Villagómez & Proaño Pazmiño, (2022), existen varias diferencias y variaciones en el diseño del mismo. Para los dos, un factor clave fue el empleo de la herramienta de simulación de circuitos Every Circuit para obtener información sobre el rendimiento y el comportamiento del diagrama del

circuito del arnés propuesto. Otros aspectos comunes incluyen la creación de un diagrama esquemático general del sistema eléctrico y la visualización detallada de cómo todos los diferentes componentes están interconectados para formar el circuito eléctrico

Figura 90



Aplicar estos estándares implica una ventaja significativa en términos de fiabilidad y seguridad; garantiza que no solo los sistemas eléctricos funcionen de manera óptima, sino que también se ajusten a lo establecido en los eventos de competencia oficiales.

Comparativamente, con el estudio anterior, se obtuvo un sistema que también funcionaba bien pero no se centraba explícitamente en garantizar que el diseño del sistema cumpliera con regulaciones internacionales específicas. Basado en los resultados de este estudio, es crítico si un sistema de arnés de cables eléctricos diseñado para uso en un vehículo de competición se diseñará con regulaciones reconocidas.

Conclusiones

El diseño del diagrama eléctrico para el arnés del sistema eléctrico del vehículo de rally obtuvo éxito, ya que cumplió con el objetivo de lograr un sistema que asegure el funcionamiento óptimo y seguro de todos los componentes. Además, KiCad también resultó provechoso para alcanzarlo, un programa especial para diseñar de forma eléctrica. El diagrama creado con ello muestra detalladamente la cohesión correcta entre los componentes detallando su conexión. Por lo tanto, presenta una guía visual de la implementación y mantenimiento del sistema permite identificar cualquier ausencia.

La simulación del circuito eléctrico en EVERYCIRCUIT facilitó un análisis del circuito. Por ejemplo, la simulación permitió este auto comportamiento del circuito bajo las condiciones de trabajo y se corrigió el diseño del circuito. Este es un paso crítico durante el proceso de crecimiento porque ayuda a asegurarse de que la construcción pueda trabajar sin problemas, y minimiza los riesgos de fallas durante la competencia. En cuanto a la simulación, la posibilidad de hacer cambio en la construcción antes de hacer el prototipo real, es crucial que hacer el circuito sea eficiente.

El concepto del arnés eléctrico ha sido diseñado con peculiar interés en el peso y la seguridad del arnés para que el sistema no solo cumpliera con los estándares de FIA, sino también optimizase el rendimiento del vehículo. Para los componentes se ha seleccionado un cable automotriz tipo en K y los cables micro ISO Relays, La prueba de dinamómetro se cumplió con éxito asegurando así el funcionamiento del arnés en condiciones de exigencia, así como también el análisis comparativo demostró la disminución significativa del peso entre el arnés original y el arnés manufacturado.

Los cálculos son estrictamente basados en la directriz AWG, lo que asegura que cada parte de los mismos que se instalarán integren y cumplan su función bien cuando están montados en el vehículo de competencia. Esto reduce las probabilidades de accidentes debido a errores humanos por parte del integrador. Posteriormente, la implementación del arnés y otros componentes incluidos opera de manera meticulosa, lo que asegura el correcto funcionamiento dentro de los niveles de seguridad y eficiencia. El enfoque sistemático con respecto al tema asegura que el vehículo de rally esté listo para la competencia de nivel máximo ajustado al regulación con respecto a la seguridad.

Recomendaciones

Recordando que están entre la FIA, las luces de LED de alta potencia deberían ser un gran peso para sus requisitos de energía bajos y su alta efectividad del brillo. Estas se instalan en la parte delantera y en la parte superior y se colocan de manera que den la mejor cobertura de iluminación y hagan la mayor sombra posible. Todas estas luces también deben estar operando de la mejor manera.

Una de las soluciones óptimas para mantener la eficiencia del sistema eléctrico sería la sustitución de baterías de plomo-ácido por baterías de gel. En comparación con las

tradicionales, las baterías de gel tienen una resistencia mejorada a las vibraciones y no requieren mantenimiento. Por lo tanto, es una solución muy útil para las condiciones de campo abierto a las que se enfrenta la competencia. Además, las baterías de gel tienen una mejor capacidad de descarga, lo que garantiza el nivel constante de salida de energía y el mantenimiento de la estabilidad del voltaje, que también es vital.

Se debería instalar una batería de gel con suficiente capacidad para soportar todas las demandas eléctricas del vehículo, incluidas las luces adicionales durante un rally nocturno. Otro tipo de tecnología que mejora la seguridad y la eficiencia de un vehículo de rally es el indicador tipo Flash Light.

Bibliografía

- 3M Ecuador. (2023). Cintas Eléctricas de Goma o Caucho.
https://www.3m.com.ec/3M/es_EC/mantenimiento-y-reparacion-electrica/materiales-de-apoyo/cintas-electricas-goma-caucho/
- Brown, A. (2018). Innovations in Automotive Engineering: Emerging Technologies and Trends. Publisher.
- Dan, D., Zhao, Y., Wei, M., & Wang, X. (2023). Review of Thermal Management Technology for Electric Vehicles. In *Energies* (Vol. 16, Issue 12). MDPI. <https://doi.org/10.3390/en16124693>
- FIA. (2023). Specific Regulations for Cars in Groups Rally5/Rally4/Rally3.
- García, J. (2020). Impact of Electrical System Performance on Rally Vehicle Competitiveness. *International Journal of Motorsport Technology*, 13(2), 87-102.

- Johnson, M. (2018). Advanced Electrical Systems for Competitive Motorsports. *Journal of Automotive Engineering*, 15(3), 45-58.
- Johnson, M. (2019). Rally Racing: A Comprehensive Guide to the Sport and Its Engineering Challenges. Publisher.
- Johnson, R. (2019). Challenges for wiring harness development. www.ems-wuensche.com
- Jones, M. (2018). Analysis of Electrical System Limitations in Rally Vehicles. *Proceedings of the Society of Automotive Engineers*, 98765, 45-58.
- Kim, J., & Lee, S. (2020). TE CONNECTIVITY (TE) TUBING TROUBLESHOOTING GUIDE.
- Martinez, C. (2015). Integration of Electrical and Mechanical Systems in Motorsport Vehicles: Challenges and Opportunities. *Proceedings of the Society of Automotive Engineers*, 98765, 102-115.
- Martinez, C. (2016). Interdisciplinary Approach to Automotive Engineering: Integrating Electrical, Mechanical, and Automotive Design. Publisher.
- Nguyen, H. G., Kuhn, M., & Franke, J. (2020). Manufacturing automation for automotive wiring harnesses. *Procedia CIRP*, 97, 379–384.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.05.254>
- Nguyen, Q. (2023). Automotive Harness Durability Test Description - Industria Informazioni - News - Wiring duct, Cable Gland, Cable Tie, Terminals, RCCN. RCCN.
http://en.rccn.com.cn/content_article_2866.html
- Patel, K., & Sharma, S. (2023). Electric Vehicle Safety Issues and Solutions. In *Highlights in Science, Engineering and Technology MCEE* (Vol. 2023).

- Pradhan, A. (2012). OPTIMISING THE DESIGN OF WIRE HARNESS.
<https://www.researchgate.net/publication/309610457>
- Reis, B., Cella, H., Ferreira, M., & Vaz, S. (2023). A Systematic Review of Automotive Wiring Harness Innovations, SAE Technical Paper.
- Robinson, D., Hughes, M., Oakland University, IEEE Region 4, & Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2020). A review of regulatory requirements for automotive electrical systems in motorsport.
- Sadeq, A. M. (2023). Development of a Complete Wiring Harness Assembly for a V16 Engine. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15981.97763>
- Smith, J. (2018). Differences in Electrical Harnesses for Conventional Vehicles and Rally Competition Vehicles. *International Journal of Automotive Engineering*, 15(2), 112-126.
- Smith, J., & Jones, A. (2018). Importance of Fuses in Rally Racing. *International Journal of Motorsport Engineering*, 4(2), 112-125.
- Smith, R. (2017). Automotive Electrical Systems: Understanding and Repairing Electrical Problems. Publisher.
- Smith, R. (2019). Engineering Solutions for Improving Electrical System Performance in Motorsport. *Journal of Advanced Automotive Technology*, 12(4), 321-335.
- Standard Specification for Standard Nominal Diameters and Cross-Sectional Areas of AWG Sizes of Solid Round Wires Used as Electrical Conductors 1. (2021). www.astm.org
- Williams, T. (2017). Design and Development of High-Performance Electrical Systems for Motorsport Applications. *International Journal of Motorsport Engineering*, 10(2), 123-137.

- Yuan, S., Dang, X., & Yang, X. (2021). Reliability design of vehicle wiring harness. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 632(4).