



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED CAN BUS PARA EL CONTROL DEL SISTEMA
DE ILUMINACIÓN DE UN VEHÍCULO CATEGORÍA N1**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Automotriz

**AUTORES: CRISTHIAN JESÚS MIRANDA SANMARTÍN
DANIEL ISAÍAS CAÑIZARES SEGURA**

TUTOR: CARLOS ALBERTO CARRANCO QUIÑÓNEZ

Quito - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Daniel Isaías Cañizares Segura con documento de identificación N° 0504209297 y Cristhian Jesús Miranda Sanmartín con documento de identificación N° 1754338729 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 05 de agosto del año 2024

Atentamente,

Cristhian Jesus Miranda



Cristhian Jesús Miranda Sanmartín
1754338729

Daniel Isaías Cañizares Segura
0504209297

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Cristhian Jesús Miranda Sanmartín con documento de identificación No. 1754338729 y Daniel Isaías Cañizares Segura con documento de identificación No. 0504209297, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Implementación de una red can bus para el control del sistema de iluminación de un vehículo categoría N1”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 05 de agosto del año 2024

Atentamente,

Cristhian Jesus Miranda

Cristhian Jesús Miranda Sanmartín
1754338729



Daniel Isaías Cañizares Segura
0504209297

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Alberto Carranco Quiñónez con documento de identificación N° 1713629564, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED CAN BUS PARA EL CONTROL DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE UN VEHÍCULO CATEGORÍA N1, realizado por Cristhian Jesús Miranda Sanmartín con documento de identificación N° 1754338729 y por Daniel Isaías Cañizares Segura con documento de identificación N° 0504209297, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 05 agosto del año 2024

Atentamente,



ING. Carlos Alberto Carranco Quiñónez, Ms.C

1713629564

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mis seres queridos, cuyo apoyo incondicional y amor constante han sido la fuente de mi inspiración. A mis padres, cuya dedicación y sacrificios han allanado el camino para que hoy pueda culminar este proyecto. A mi familia y amigos, por su aliento y comprensión a lo largo de esta travesía académica. Cada página de esta tesis lleva consigo un fragmento de gratitud hacia ustedes, quienes han sido los pilares en mi búsqueda del conocimiento. ¡Gracias por ser mi constante fuente de motivación y alegría!

Miranda Sanmartín Cristhian Jesús

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mis padres y hermanos que han sido el pilar fundamental para ayudarme a alcanzar todas las metas, llenarme de valores, principios y guiarme por el mejor camino, serán parte de muchas metas más, siempre han estado presentes en los buenos y malos momentos de nuestras vidas. A mi familia que me han apoyado incondicionalmente. Agradezco a todos mis amigos y docentes que me han brindado sus consejos, experiencias y colaborado para ser una mejor persona en el ámbito social y laboral, llenándome de sabiduría para el resto de mi vida.

Cañizares Segura Daniel Isaías

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor de tesis, por su orientación experta y su dedicación constante. Sus valiosos comentarios y sugerencias fueron fundamentales para dar forma y mejorar este trabajo.

Agradezco profundamente a Universidad Politécnica Salesiana, por proporcionar los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. La infraestructura y el acceso a bibliotecas, laboratorios y bases de datos han sido fundamentales para el éxito de este proyecto.

No puedo pasar por alto el apoyo de mi familia y amigos, quienes han sido una fuente constante de ánimo y motivación. Su paciencia y comprensión han sido invaluable a lo largo de este viaje académico.

Agradezco a mis colegas y compañeros de clase por el intercambio de ideas, discusiones fructíferas y el ambiente colaborativo que caracterizó esta etapa de mi educación.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a quienes contribuyeron al desarrollo de esta tesis. Su apoyo ha dejado una huella significativa en este trabajo.

Gracias a todos los que han sido parte de este viaje académico y han hecho posible la culminación de esta tesis.

Miranda Sanmartín Cristhian Jesús

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que han hecho lo posible para que esta meta se haga realidad, ayudando y colaborando con cosas grandes o pequeñas, pero con la misma intención.

Un agradecimiento muy especial al Ing. Carlos Carranco, tutor de nuestro proyecto técnico, un excelente docente y guía a lo largo de la vida universitaria, quien nos ha llenado de sabiduría, experiencia y consejos para ser mejor cada día. Gracias a su experticia nos ha llenado de valiosos comentarios y sugerencias que fueron fundamentales para dar forma y mejorar este trabajo.

Un agradecimiento muy especial a la Universidad Politécnica Salesiana, en especial, a todos los que formamos parte de la carrera de Ingeniería Automotriz, por proporcionar los recursos necesarios para llevar a cabo todos estos años de estudio, preparación y ser parte de esta investigación. La infraestructura y el acceso a bibliotecas, laboratorios y bases de datos que han sido fundamentales para el éxito de este proyecto.

Cañizares Segura Daniel Isaías

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE TABLAS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	14
CAPITULO I INTRODUCCIÓN.....	17
1.1 PROBLEMA.....	18
1.1.1 Antecedentes.....	18
1.1.2 Importancia y Alcances	19
1.2 Delimitación del problema –.....	20
1.2.1 Definición del Problema.....	20
1.2.2 Contexto Espacial.....	20
1.2.3 Limitaciones	21
1.2.4 Justificación de la Delimitación	21
1.2.5 Inconvenientes Actuales.....	22
1.3 Objetivo General.....	23
1.4 Objetivos Específicos.....	23
Marco Teórico.....	24
1.5 Definición de la red CAN BUS	24
1.5.1 Ventajas de la implementación de una Red CAN BUS.....	25
1.5.2 Comunicación y protocolo.....	27
1.5.3 Seguridad.....	28
1.5.4 Integración con otros sistemas.....	29
1.6 Normativas y regulaciones.....	30
1.7 Caso de estudio	31
1.7.1 Desafíos y consideraciones futuras.....	32
1.7.2 Categoría N1.....	33
1.7.3 Sistema de iluminación en vehículos:	33
1.7.4 Diseño del sistema de iluminación	35
CAPÍTULO II	37
DESCRIPCION E IDENTIFICACION DE COMPONENTES	37
2.1 MicroPDM.....	37
2.1.1 Identificación del producto.....	37
2.1.2 Conexiones previas al uso	38

2.1.3	Descripción de los pines	38
2.1.4	Detalles técnicos	40
2.2	Botonera o teclado	41
2.2.1	Identificación del producto.....	41
2.2.2	Conexiones previas al uso	41
2.2.3	Descripción de los pines	42
2.2.4	Detalles técnicos	42
2.3	Cable CAN BUS	43
2.3.1	Conexión de salidas	43
2.4	Circuitos intervenidos	43
2.4.1	Designación de terminales.....	44
2.4.2	Diagrama de conexión botonera – MicroPDM.....	45
2.4.3	Diagrama de fusiblera.....	45
2.4.4	Circuito direccional izquierdo	46
2.4.5	Circuito Direccional derecho.....	47
2.4.6	Circuito luz cabina.....	47
2.4.7	Circuito luz bajas	48
2.4.8	Circuito contacto.....	48
2.4.9	Circuito arranque	49
CAPÍTULO III.....		51
PROGRAMACIÓN BOTONERA O TECLADO.....		51
3.1	Método de aprendizaje del teclado	51
3.1.1	Aprendizaje botonera.....	51
3.2	Modos de funcionamiento.....	51
3.2.1	Modo de Operación	51
3.2.2	Modo de Espera	52
3.2.3	Modo de Configuración.....	52
3.3	Configuración de botonera.....	52
3.3.1	Ingresar a configuración	52
3.3.2	Navegar entre opciones	52
3.3.3	Ajustar configuraciones.....	53
3.4	Asignación de botones	54
CAPÍTULO IV.....		56
PRUEBAS		56
4.1	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	56
4.1.1	Función del sistema	56

4.1.2	Función de botones.....	57
4.2	OPERACIÓN DEL SISTEMA.....	58
4.2.1	Inicio del sistema.....	58
4.2.2	Encendido de la botonera (en contacto)	58
4.2.3	Arranque del Vehículo.....	59
4.2.4	Encendido del sistema de iluminación luces medias.....	59
4.2.5	Encendido de luces direccionales izquierda y derecha.....	59
4.2.6	Encendido de luz de cabina	60
	CONCLUSIONES	61
	RECOMENDACIONES	62
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	63
	ANEXOS.	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Diagrama Can Bus.....	25
Figura 2:	Técnicas de multiplexado	26
Figura 3:	MicroPDM.....	37
Figura 4:	Pines.....	39
Figura 5:	Botonera.....	41
Figura 6:	Conector de salida botonera.....	42
Figura 7:	Conexión de salida.....	43
Figura 8:	Diagrama botonera y MicroPDM	45
Figura 9:	Diagrama fusiblera.....	46
Figura 10:	Conexión Direccional L.....	47
Figura 11:	Conexión Direccional D	47
Figura 12:	Conexión luz cabina	48
Figura 13:	Conexión luz de cruce	48
Figura 14:	Conexión contacto	49
Figura 15:	Conexión de arranque	50
Figura 16:	Modo configuración.....	52
Figura 17:	Modo navegación.....	53
Figura 18:	Modo parámetro y valor	53
Figura 19:	Conexión Can High	56
Figura 20:	Fusiblera	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Pines	39
Tabla 2:	Detalles técnicos MicroPDM	40
Tabla 3:	Detalles técnicos.....	42
Tabla 4:	Designación de terminales	44
Tabla 5:	Designación de botones.....	55

RESUMEN

La sociedad piensa que el área automotriz se focaliza en el estudio de los componentes mecánicos de un automóvil, sin reconocer su error, una parte esencial es el sistema eléctrico y electrónico, encargado del control de los sistemas de iluminación mediante actuadores electrónicos y electromecánicos.

El proyecto de titulación se focaliza en la implementación y programación de una red CAN BUS en el vehículo N1, aborda la necesidad de mejorar la eficiencia y la flexibilidad en el diseño de sistemas de iluminación vehicular, tomando ventaja de las capacidades de comunicación distribuida del CAN BUS.

La implementación de una red Controller Area Network (CAN BUS) para el manejo del sistema de iluminación de un vehículo categoría N1 representa un avance significativo en la gestión eficiente y centralizada de los componentes lumínicos.

La red CAN BUS proporciona una plataforma robusta y confiable para la transmisión de datos entre los diversos dispositivos de iluminación del vehículo, incluyendo faros delanteros, posteriores, luces intermitentes y otros elementos asociados. Este enfoque de red permite la comunicación bidireccional entre los nodos, facilitando la implementación de funciones avanzadas, como ajustes automáticos de intensidad, respuesta adaptativa a las condiciones ambientales y la integración eficiente de nuevas características lumínicas.

Además, incorporado un sistema de diagnóstico que aprovecha las capacidades de autoverificación del CAN BUS. Esto permite detectar posibles fallas en los componentes de iluminación, facilitando el mantenimiento preventivo y contribuyendo a la fiabilidad del sistema.

El proyecto aborda consideraciones prácticas, como la eficiencia energética y la reducción del consumo, optimizando el rendimiento de la iluminación sin comprometer la seguridad. Se realiza un análisis de los beneficios económicos y medioambientales asociados con la implementación de esta red CAN BUS para el control de la iluminación en vehículos de categoría N1.

Los resultados fueron positivos, ya que se adquirieron y plasmaron nuevos conocimientos sobre el protocolo CAN BUS, lo cual será útil para estudiantes y docentes del área de Ingeniería Automotriz, permitiéndoles conocer los sistemas de iluminación del vehículo controlados con este protocolo.

Palabras Claves: CAN BUS, Categoría N1, Nodos, algoritmos, PDM, MicroPDM.

ABSTRACT

Society thinks that the automotive area focuses on the study of the mechanical components of a car, without recognizing its error, an essential part is the electrical and electronic system, responsible for controlling the lighting systems through electronic and electromechanical actuators.

The degree project focuses on the implementation and programming of a CAN BUS network in the N1 vehicle, addressing the need to improve efficiency and flexibility in the design of vehicle lighting systems, taking advantage of the distributed communication capabilities of the CAN. BUS.

The implementation of a Controller Area Network (CAN BUS) to manage the lighting system of a category N1 vehicle represents a significant advance in the efficient and centralized management of lighting components.

The CAN BUS network provides a robust and reliable platform for data transmission between the various vehicle lighting devices, including headlights, taillights, turn signals and other associated elements. This network approach enables bidirectional communication between nodes, facilitating the implementation of advanced features such as automatic intensity adjustments, adaptive response to environmental conditions, and efficient integration of new lighting features.

In addition, a diagnostic system is incorporated that takes advantage of the self-test capabilities of the CAN BUS. This allows possible failures in lighting components to be detected, facilitating preventive maintenance and contributing to the reliability of the system.

The project addresses practical considerations, such as energy efficiency and consumption reduction, optimizing lighting performance without compromising safety. An analysis is carried out of the economic and environmental benefits associated with the implementation of this CAN BUS network for the control of lighting in category N1 vehicles.

The results were positive, since new knowledge about the CAN BUS protocol was acquired and reflected, which will be useful for students and teachers in the Automotive Engineering area, allowing them to learn about the vehicle lighting systems controlled with this protocol.

Keywords: CAN BUS, Category N1, Nodes, algorithms, PDM, MicroPDM.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Previo a la implementación de la red CAN BUS para el control del sistema de iluminación se realiza un proceso investigativo mediante un estudio teórico – práctico del sistema de iluminación del vehículo N1, ya que, el sistema a implementar es moderno y obliga a realizar modificaciones en ciertos elementos eléctricos y electrónicos, debido a la gran cantidad de funciones que se le encomienda.

La implementación del sistema CAN BUS en vehículos de categoría N1 representa un hito significativo en la evolución de la ingeniería automotriz. En un mundo donde la conectividad y la eficiencia son imperativos, la adopción de esta tecnología en la subcategoría N1 no solo redefine la gestión eléctrica del vehículo, sino que también introduce un paradigma transformador en términos de control, monitoreo y comunicación entre los distintos componentes del automóvil.

Los componentes desempeñan múltiples funciones lo que permite que algunos sensores compartan la información entre sí, por lo cual necesitan una gran velocidad de comunicación.

El desempeño del sistema de iluminación se encuentra ligado a la operación eficiente del vehículo, lo cual logramos, con la implementación y programación de la botonera que se encarga de enviar señales a los componentes eléctricos y electromecánicos para el correcto funcionamiento y detección de fallos.

En el presente proyecto de titulación se desarrolla análisis a los circuitos manipulados con la red CAN BUS en el vehículo N1, adicionalmente se realiza pruebas en los circuitos del módulo TEHPRA intervenidos con la red CAN BUS y en un vehículo moderno con sistema CAN BUS para realizar comparativas utilizando el programa RStudio.

El sistema Controller Area Network (CAN BUS) ha demostrado ser una solución integral para optimizar la interconexión de los sistemas eléctricos en vehículos comerciales de carga ligera. Desde la gestión de iluminación hasta la coordinación de funciones esenciales como el arranque, el encendido y la luz de puerta, la implementación del CAN

BUS en vehículos N1 ofrece una plataforma avanzada para mejorar la eficiencia operativa y la seguridad.

A medida que los vehículos de categoría N1 desempeñan un papel crucial en el transporte comercial y la logística, la introducción del CAN BUS en este sector promete una gestión más inteligente y centralizada de los sistemas eléctricos, lo que se traduce en una mayor fiabilidad, menor consumo de energía y una respuesta más rápida a las demandas del conductor y del entorno.

En esta exploración detallada, examinaremos los diversos aspectos de la implementación del sistema CAN BUS en vehículos N1, desde las consideraciones técnicas y las mejoras en la eficiencia hasta los beneficios palpables en términos de seguridad y experiencia de conducción. Además, exploraremos casos prácticos y testimonios de aquellos que han experimentado de primera mano la transición hacia esta tecnología avanzada en el ámbito de los vehículos comerciales de categoría N1.

1.1 PROBLEMA

Con el paso de los años el mundo evoluciona y el sector automotriz no ha sido la excepción, se ha observado sofisticados avances en componentes eléctricos y electrónicos que han modificado los sistemas eléctricos de los vehículos, por lo que en la actualidad se requiere de mejores conocimientos para garantizar trabajos futuros.

Distintos vehículos carecen de estos nuevos sistemas por el paso de los años, es el caso de una camioneta Mazda bt 50 o vehículo comercial de categoría N1 el mismo que consta de un sistema de transmisión de datos convencional, la comunicación de los módulos y sensores es de tipo punto a punto, por ende, las conexiones son punto a punto y la instalación eléctrica es significativa lo que representa un costo elevado, gran masa de cableado y presenta constantes fallas.

1.1.1 Antecedentes

Desde principios de la década de los 40, se integró distintos sistemas eléctricos y electrónicos que permitan un mayor control sobre funciones mecánicas en los autos como la eficiencia térmica, consumo de combustible, emisión de gases, sistemas de iluminación

entre otros. Lo que requería de sofisticados y complejos componentes electrónicos, en consecuencia, las numerosas conexiones y cableado ocupaba mucho espacio.

Por esa razón se ha desarrollado Can Bus un protocolo de comunicación en serie desarrollado por Bosch para el intercambio de información entre unidades de control eléctricas y electrónicas del automóvil, significa Controller Area Network (Red de área de control) y Bus, en informática, se entiende como un elemento que permite transportar una gran cantidad de información.(Bonilla & Mesias, 2012)

Una de las primeras marcas que incorporo este sistema fue BMW que con su 850 coupe que salió al mercado en 1986. Al suprimir una cantidad considerable de cableado, el auto redujo considerablemente de peso y así mismo la cantidad de conectores se disminuyó en un cincuenta por ciento.(Calderón, 2016)

Con eso se logró que cada uno de los sistemas de los vehículos y sus sensores fueran capaces de comunicarse a velocidades muy altas (25 kbps-1 Mbps) por una línea de comunicación única o de doble alambre.(Calderón, 2016)

1.1.2 Importancia y Alcances

El presente proyecto tiene la finalidad de implementar un sistema CAN BUS para el control de iluminación de un vehículo comercial de categoría N1 ubicado en la ciudad de Quito, podremos analizar las diferentes configuraciones logrando adquirir conocimiento teórico y práctico para el desarrollo de futuras investigaciones y dar solución a fallos que se presentan.

El propósito es adquirir nuevo conocimiento de los sistemas planteados para el estudio y un adicional. Sería la posibilidad de adaptar el vehículo a nuevos sensores que estimulen señales logrando automatizar los sistemas de iluminación, logrando cambiar la electrónica de un vehículo antiguo estándar de gama media y baja a una electrónica moderna y avanzada.

Con el estudio del sistema Can Bus podremos implementar y analizar las diferentes configuraciones que se puede realizar a distintos tipos de vehículos que carecen del sistema brindando una solución a una gran parte de la sociedad.

1.2 Delimitación del problema –

1.2.1 Definición del Problema

Precisión y Claridad:

El problema específico para abordar en este proyecto es cómo la implementación de una red Can Bus puede mejorar el control del sistema de iluminación de un vehículo de categoría N1. El estudio se enfoca en el análisis conceptual e implementación de la red Can Bus con la utilización de software o hardware, sin la adición de sensores o focos.

Tipo de Problema:

Este es un problema teórico y metodológico. Teórico porque se estudian las bases conceptuales y principios del Can Bus aplicados al control de sistemas de iluminación. Metodológico porque se diseña una propuesta de implementación de un sistema eléctrico de red Can Bus.

Relevancia:

La relevancia de este estudio radica en la comprensión del potencial del Can Bus para mejorar la eficiencia y control del sistema de iluminación, lo que puede influir en la sostenibilidad y ecoeficiencia de los vehículos modernos.

1.2.2 Contexto Espacial

Ubicación Geográfica:

El proyecto se desarrolló en los laboratorios de ingeniería automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, ya que cuenta con los equipos sofisticados para la implementación de la red Can Bus y análisis de datos. El proyecto es aplicable a la industria automotriz global. Los principios y resultados pueden ser relevantes para fabricantes y diseñadores de vehículos en cualquier región.

Entorno Específico:

El estudio se enfoca en el entorno de vehículos de categoría N1 (vehículos de transporte de mercancías con una masa máxima no superior a 3,5 toneladas). No se considera la

integración de sistemas adicionales ni la modificación del sistema de iluminación existente, más allá de la implementación teórica y práctica del Can Bus.

Periodo de Estudio:

El proyecto se centra en el contexto actual y se realizará en el año 2023-2024.

1.2.3 Limitaciones

Restricciones del Estudio:

Recursos: Limitación en el acceso a hardware y software específico para pruebas prácticas.

Acceso a Información: Limitada información sobre el tema y posibles restricciones en la obtención de datos detallados sobre sistemas de iluminación específicos de ciertos fabricantes de vehículos.

Alcance Técnico: No se incorporan sensores adicionales, focos ni otros componentes del sistema de iluminación.

1.2.4 Justificación de la Delimitación

Razones de la Delimitación

Relevancia: Focalizarse en el diseño teórico y análisis de la red Can Bus permite una comprensión detallada de su potencial y limitaciones específicas en el control de sistemas de iluminación ya que forma parte del sistema de seguridad activo de un vehículo de categoría N1, que son aquellos destinados al transporte de mercancías con un peso máximo de 3.5 toneladas, no son la excepción a esta tendencia. Estos vehículos requieren sistemas de control eficientes y robustos, especialmente en lo que respecta a sus sistemas de iluminación, que son cruciales para la seguridad vial.

Viabilidad: Dado los recursos y lo factible de la implementación del proyecto en distintas áreas de la sociedad siendo más viable y permite una exploración exhaustiva del tema para una mejor implementación práctica.

Pertinencia: La delimitación permite centrarse en aspectos clave del Can Bus y su impacto en el sistema de iluminación, proporcionando información valiosa para ingenieros y diseñadores sin la necesidad de una implementación física inmediata.

1.2.5 Inconvenientes Actuales

Complejidad del Cableado:

Los sistemas de iluminación tradicionales en los vehículos de categoría N1 dependen de un cableado extenso y complejo. Esto no solo incrementa el peso del vehículo y el costo de producción, sino que también aumenta la probabilidad de fallos eléctricos debido a la gran cantidad de conexiones necesarias.

Problemas de Confiabilidad:

La extensa red de cables y conexiones en los sistemas tradicionales representa múltiples puntos potenciales de fallo. La identificación y reparación de problemas eléctricos en estos sistemas puede ser complicada y costosa, afectando la confiabilidad general del vehículo.

Falta de Eficiencia:

Los sistemas de iluminación tradicionales no aprovechan al máximo las ventajas de la comunicación digital, lo que limita la capacidad de diagnóstico y control centralizado. Esto impide la implementación de funciones avanzadas como la adaptación automática de la iluminación a las condiciones de conducción.

Redes CAN Bus en Automoción:

El CAN Bus, desarrollado por Bosch en los años 80, se ha convertido en un estándar de comunicación en la industria automotriz debido a su capacidad para manejar la comunicación entre múltiples dispositivos sin necesidad de un controlador central. La literatura destaca su eficiencia en la transmisión de datos, su robustez frente a interferencias electromagnéticas y su capacidad para reducir la cantidad de cables necesarios en los vehículos.

Aplicación en Sistemas de Iluminación:

Varios estudios han explorado la implementación de CAN Bus en sistemas de iluminación vehicular. Se ha demostrado que la integración de esta red permite un control más preciso y dinámico de los sistemas de iluminación, incluyendo funciones avanzadas como la adaptación automática a las condiciones de conducción y la sincronización con otros sistemas del vehículo. Además, se ha observado una mejora significativa en la capacidad de diagnóstico y mantenimiento preventivo.

Ventajas y Desafíos:

Las ventajas de implementar CAN Bus, como la reducción del peso del cableado y la mejora de la confiabilidad del sistema. Sin embargo, también se identifican desafíos, como la necesidad de una correcta configuración y programación de la red, así como la necesidad de garantizar la compatibilidad entre los diferentes módulos y dispositivos conectados.

1.3 Objetivo General.

Implementar una red CAN BUS para el control avanzado del sistema de iluminación en un vehículo de categoría N1, optimizando recursos para la gestión lumínica, mejorando el confort del conductor y reduciendo fallas del sistema.

1.4 Objetivos Específicos.

- Implementar la conexión red Can Bus para el control del sistema de iluminación de un vehículo de categoría N1.
- Optimizar recursos para la gestión del sistema de iluminación eliminando sistemas convencionales obsoletos.
- Evaluar sistema de iluminación en entornos reales para verificar su correcto funcionamiento como sistema de seguridad activo del vehículo.
- Considerar la escalabilidad del diseño para futuras expansiones del sistema de iluminación.
- Mejorar el confort del conductor en la utilización del sistema de iluminación reduciendo fallas en el mismo.

Marco Teórico

1.5 Definición de la red CAN BUS

Bus Can fue creado y lanzado entre los años 1983 y 1986 por la empresa BOSCH, este protocolo optimiza las unidades de control, tales como las BCM y el ordenador principal ECU, además actualiza nuevas funciones ya que cada control tiene sus propios sensores. También permite la comunicación entre las distintas unidades de control a pesar de su distancia por medio de un mismo cable par trenzado sin importar la cantidad de información transmitida, todo ello complementado por la virtud de permitir la comunicación con redes ajenas del vehículo(conectividad). Este protocolo presenta una conexión de tipo BUS, ofreciendo una opción simplificada de diagnóstico, por el motivo que los componentes están integrados en un sistema general.(Enrique et al., 2018)

Una red Can Bus (Controller Area Network Bus) es un tipo de red de comunicación serial utilizada principalmente en sistemas de control y comunicación dentro de vehículos, maquinaria industrial y otros dispositivos.

El funcionamiento de una red Can Bus se basa en un sistema de comunicación multi nodo, donde múltiples dispositivos intercambian información a través de un bus común. Los dispositivos en esta red están conectados mediante un par de cables, a menudo uno para la transmisión de datos (CAN-High) y otro para la recepción (CAN-Low). Este sistema permite la transmisión de datos entre los dispositivos de manera eficiente y confiable.

El Bus Can es una red multiplexada, que transmite información simultanea por el mismo medio, orientado hacia el mensaje y no al destinatario, esto quiere decir todas las unidades electrónicas pueden ser receptoras y emisoras(transceiver).(Enrique et al., 2018)

En una red Can Bus, los datos se transmiten en forma de mensajes. Cada mensaje incluye un identificador único que prioriza la información transmitida. Además, el protocolo Can utiliza un método de detección y corrección de errores, lo que

garantiza la integridad de los datos y la confiabilidad de la comunicación, incluso en entornos ruidosos o con interferencias electromagnéticas.

La comunicación en una red Can Bus puede ser tanto simplex (unidireccional) como dúplex (bidireccional), permitiendo a los dispositivos enviar, recibir información y gestionar datos simultáneamente, ver figura 1. Esto lo hace ideal para aplicaciones donde se necesita una comunicación rápida y confiable entre múltiples componentes.

Figura 1: Diagrama Can Bus

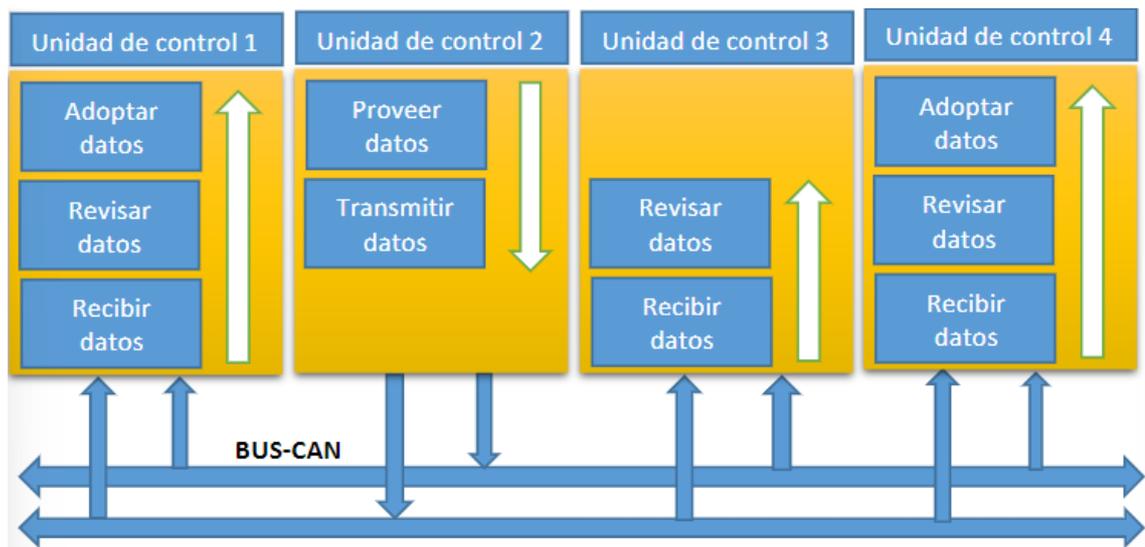


Diagrama de comunicación Can Bus, Fuente:(Enrique et al., 2018)

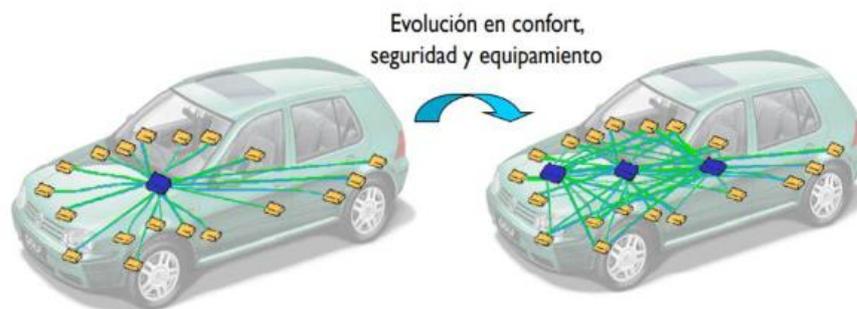
Las diferentes unidades de control en un sistema distribuido interactúan y comunican datos entre sí usando un BUS-CAN. Cada unidad tiene roles específicos, como adoptar, revisar, proveer y transmitir datos, asegurando que la información fluya de manera ordenada y efectiva entre las partes del sistema. Este tipo de configuración es común en sistemas automotrices y de automatización industrial, donde la coordinación y el intercambio de información en tiempo real son cruciales para el funcionamiento del sistema.

1.5.1 Ventajas de la implementación de una Red CAN BUS

La red CAN BUS permite una comunicación eficiente entre los distintos componentes del sistema de iluminación con un menor número de cables. En contraste con los sistemas convencionales que requieren una cantidad considerable

de cables para conectar cada componente, la tecnología CAN BUS utiliza un par de cables o red multiplexada para la transmisión de datos, lo que reduce considerablemente la complejidad y el peso del cableado, simplificando la instalación, mejorando la confiabilidad y permitiendo agregar sensores y módulos de control como se observa en la figura 2

Figura 2: Técnicas de multiplexado



Confort y Equipamiento, Fuente: (automotrizenvideo, 2011)

La implementación de una red CAN BUS también contribuye a una mayor eficiencia energética. El sistema permite la gestión inteligente y específica de la energía enviada a cada componente lumínico, reduciendo pérdidas de energía y optimizando el consumo eléctrico del vehículo. Esto resulta en un uso más eficiente de la energía, lo que a su vez puede tener un impacto positivo en la vida útil de la batería del vehículo.

La red CAN BUS facilita un diagnóstico avanzado del sistema de iluminación. Los dispositivos en la red pueden comunicar su estado de funcionamiento, lo que permite a los sistemas de diagnóstico del vehículo identificar y solucionar problemas de manera más rápida y precisa. Además, la capacidad de autodiagnóstico ayuda a prevenir fallas y mejora la fiabilidad del sistema lumínico.

La red CAN BUS permite una mayor flexibilidad y adaptabilidad en la gestión de las funciones lumínicas del vehículo. A través de la programación y configuración del software, es posible implementar fácilmente ajustes y actualizaciones en el comportamiento de las luces, como la respuesta a determinadas señales o cambios en las condiciones de conducción.

1.5.2 Comunicación y protocolo

El protocolo de comunicación CAN BUS (Controller Area Network) es un estándar de comunicación serial desarrollado para permitir la transmisión de datos entre diferentes dispositivos electrónicos en un vehículo de manera confiable y eficiente. En una red CAN BUS, los dispositivos se comunican entre sí a través de un bus común, utilizando un protocolo serial bidireccional. Cada dispositivo conectado a la red tiene una identificación única (ID) que le permite enviar y recibir mensajes a través de la red. Esto posibilita la comunicación entre los diversos componentes del sistema de iluminación, como sensores, controladores y actuadores. (García et al., 2006)

La estructura de los mensajes CAN consiste en varios elementos clave:

- **Identificación del mensaje (ID):** Cada mensaje CAN tiene un identificador único que indica la prioridad y la función del mensaje. Los dispositivos utilizan estos IDs para identificar y filtrar los mensajes relevantes para su funcionamiento.
- **Payload (carga útil):** Es la parte del mensaje que lleva la información específica transmitida entre los dispositivos. Puede incluir comandos de encendido, apagado, cambios en la intensidad de la luz, información de estado, entre otros.

En el contexto del sistema de iluminación de un vehículo, los diferentes dispositivos se comunican a través de la red CAN BUS para controlar las luces de manera coordinada. Por ejemplo:

Un sensor de luz ambiental puede enviar mensajes a los controladores de luces para ajustar la intensidad de las luces según las condiciones de luz.

Un controlador de luces puede enviar mensajes a los actuadores para encender, apagar o regular la intensidad de ciertas luces, como faros delanteros, traseros, luces intermitentes, etc.

Los mensajes transmitidos contienen información sobre la función específica que se debe ejecutar, como encender los faros delanteros o activar las luces de giro.

El protocolo CAN BUS permite una comunicación eficiente y confiable entre los dispositivos, con la capacidad de transmitir datos críticos en tiempo real. Además, al

ser un protocolo robusto, incluye mecanismos de detección y corrección de errores, lo que garantiza la integridad de la comunicación incluso en entornos ruidosos o con interferencias electromagnéticas. Este tipo de comunicación avanzada facilita el control y la coordinación efectiva de las funciones de iluminación en un vehículo.

1.5.3 Seguridad

La seguridad en la implementación de una red CAN BUS en un vehículo es fundamental, ya que cualquier vulnerabilidad podría comprometer la integridad del sistema de iluminación y, por ende, la seguridad general del vehículo y sus ocupantes. Aquí se presentan algunas consideraciones importantes y medidas de seguridad para proteger la red CAN BUS y prevenir posibles ataques cibernéticos:

Aislamiento de Redes: Es esencial segmentar o aislar las redes críticas, como la red CAN BUS, de sistemas no críticos y de conexión externa para limitar la exposición a posibles ataques desde fuentes externas. (Ciencias de la Electrónica & Guadalupe Feliciano Fuentes, 2019)

Autenticación y Autorización: Implementar métodos de autenticación robustos para dispositivos que acceden a la red CAN BUS. Es importante autorizar únicamente dispositivos autorizados y garantizar que los comandos enviados a través de la red sean válidos y legítimos.

Actualizaciones de Software y Parches de Seguridad: Mantener actualizados los sistemas y firmware de los dispositivos conectados a la red CAN BUS. Las actualizaciones periódicas suelen contener parches de seguridad que mitigan vulnerabilidades conocidas.

Cifrado de Comunicación: Enviar datos a través de la red CAN BUS de manera encriptada para proteger la integridad y confidencialidad de la información transmitida. (Calderón, 2016)

Implementación de Firewalls y Sistemas de Detección de Intrusos: Emplear firewalls y sistemas de detección de intrusos para monitorear y filtrar el tráfico dentro de la red, identificando comportamientos inusuales que podrían ser indicativos de un ataque.

Pruebas de Seguridad y Auditorías: Realizar pruebas de seguridad y auditorías periódicas para identificar posibles vulnerabilidades y realizar mejoras en el sistema de seguridad de la red CAN BUS.

Capacitación y Concientización: Educar a los usuarios y personal técnico sobre las mejores prácticas de seguridad en el manejo de la red y los dispositivos conectados.

La protección de una red CAN BUS en un vehículo es crítica, ya que cualquier compromiso en la comunicación de los sistemas electrónicos podría tener repercusiones graves en la seguridad del vehículo. Es esencial implementar múltiples capas de seguridad para mitigar riesgos y proteger la red de posibles ataques cibernéticos. (Zúñiga, 2016)

1.5.4 Integración con otros sistemas

La integración del sistema de iluminación basado en CAN BUS con otros sistemas del vehículo, como el sistema de frenos, la electrónica del motor y los sistemas de entretenimiento, es una parte fundamental en la actual arquitectura vehicular. La red CAN BUS actúa como una columna vertebral que conecta y permite la comunicación entre estos diversos sistemas. Aquí se describen algunas integraciones clave:

Integración con el Sistema de Frenos:

- Los sistemas de iluminación, como las luces de freno, se activan en coordinación con el sistema de frenos. Cuando el conductor pisa el pedal del freno, se envía una señal a través de la red CAN BUS para encender las luces de freno, alertando a los conductores detrás sobre la desaceleración del vehículo.

Interacción con la Electrónica del Motor:

- La integración con la electrónica del motor permite la coordinación de acciones. Por ejemplo, si el sistema de iluminación detecta condiciones de poca luz a través de sensores, puede enviar una señal al sistema del motor para ajustar automáticamente la intensidad de las luces.(Tapia et al., 2021)

Conectividad con Sistemas de Entretenimiento y Otros:

- En vehículos modernos, existe la posibilidad de integrar sistemas de entretenimiento y otros sistemas con la red CAN BUS. Por ejemplo, el sistema de navegación o la pantalla central del tablero pueden interactuar con el sistema de iluminación para mostrar alertas de mantenimiento, ajustes de iluminación personalizados, o incluso proporcionar información sobre el estado de las luces del vehículo.(Saiz, 2017)

La integración de estos sistemas a través de la red CAN BUS permite una coordinación eficiente entre distintos componentes del vehículo. Esto no solo mejora la seguridad y la experiencia del conductor, sino que también facilita la comunicación y la interacción entre los diferentes sistemas, optimizando el funcionamiento del vehículo en su totalidad. La capacidad de compartir información a través de esta red contribuye a una gestión más integral y coordinada de múltiples aspectos del vehículo.

1.6 Normativas y regulaciones

- Regulaciones de iluminación vehicular: En diferentes regiones, existen regulaciones específicas que establecen los requisitos mínimos para la iluminación de vehículos, como intensidad, dirección y tipo de luces (faros delanteros, traseros, luces de freno, luces de giro, etc.). Por ejemplo, la normativa ECE (Economic Commission for Europe) establece estándares para la iluminación de vehículos en Europa, mientras que, en Estados Unidos, la normativa FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standards) de la NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) regula aspectos similares.(Montoya Saiz, 2017)

- Normativas de seguridad para vehículos: Además de las regulaciones específicas sobre iluminación, hay normativas de seguridad más generales que impactan la implementación de la red CAN BUS. Estas regulaciones abarcan aspectos como la protección de datos, la resistencia a interferencias electromagnéticas, la integridad de la comunicación, la prevención de fallos críticos, entre otros.
- ISO 11898 (Controladores para sistemas de alta velocidad): Este estándar internacional especifica los requisitos para controladores y dispositivos de red CAN BUS utilizados en sistemas de alta velocidad, como los aplicados en vehículos.(Andres et al., 2017)
- ISO 26262 (Seguridad funcional de los sistemas electrónicos): Esta normativa aborda la seguridad funcional de los sistemas electrónicos en vehículos, asegurando la mitigación de riesgos derivados de posibles fallos en estos sistemas, incluyendo la red CAN BUS.

1.7 Caso de estudio

Un caso notable de vehículos que emplean la tecnología CAN BUS para controlar su sistema de iluminación son muchos de los modelos modernos de automóviles, incluyendo vehículos de marcas reconocidas como BMW, Audi, Mercedes-Benz, Ford, entre otros. Estos vehículos utilizan la red CAN BUS para coordinar y controlar varias funciones de iluminación.(Bonilla & Mesias, 2012)

Por ejemplo, en modelos de BMW, Audi y Mercedes-Benz, la red CAN BUS se utiliza para controlar no solo las luces del vehículo, como faros delanteros, luces traseras y luces intermitentes, sino también para integrar sistemas avanzados de iluminación adaptativa, que ajustan automáticamente la dirección y el alcance de los faros según las condiciones del entorno y la conducción. Estos sistemas emplean sensores y algoritmos que interactúan a través de la red CAN BUS para proporcionar una iluminación óptima en diferentes condiciones de manejo, mejorando la visibilidad y la seguridad.

Incluso en modelos de gama media y vehículos más accesibles, la implementación de la red CAN BUS para controlar el sistema de iluminación es común. Desde el encendido automático de las luces en pocas luces hasta la coordinación de las luces diurnas y las de freno, el uso de la red CAN BUS es fundamental para gestionar eficazmente estas funciones lumínicas.(Perales, 2020)

1.7.1 Desafíos y consideraciones futuras

En la implementación de redes CAN BUS en vehículos de categoría N1, existen desafíos actuales y futuros que requieren atención continua para mejorar la eficacia, la seguridad y la evolución tecnológica.

- **Evolución Tecnológica y Estándares:** A medida que la tecnología avanza, surge la necesidad de adaptar y evolucionar los estándares de comunicación. La evolución de la red CAN BUS hacia versiones más modernas, como CAN FD (CAN Flexible Data-rate), que ofrecen mayores capacidades de transmisión de datos, podría requerir la actualización de hardware y software en los vehículos existentes.(Rodríguez-Segura E et al., 2011)
- **Interoperabilidad:** Con el aumento de la complejidad en los vehículos, la interoperabilidad entre los diversos sistemas y componentes, incluida la red CAN BUS, se vuelve crucial. La capacidad de diferentes dispositivos y sistemas para comunicarse y trabajar de manera coordinada se vuelve fundamental para el funcionamiento seguro y eficiente del vehículo.
- **Seguridad Cibernética:** La creciente conectividad de los vehículos a redes externas, junto con la integración de sistemas avanzados, hace que la ciberseguridad sea un desafío crítico. Se debe prestar atención a la protección contra posibles ataques cibernéticos que podrían afectar la red CAN BUS y comprometer la seguridad y la privacidad de los ocupantes.
- **Cumplimiento Normativo:** La implementación de redes CAN BUS debe seguir cumpliendo con las normativas y regulaciones en constante evolución, especialmente en lo que respecta a la seguridad, la privacidad y la emisión de datos dentro de la red.(Torres, 2008)

Abordar estos desafíos requerirá una colaboración estrecha entre fabricantes de vehículos, proveedores de sistemas, organismos reguladores y expertos en

ciberseguridad. Es fundamental avanzar en el desarrollo de tecnologías más seguras, robustas y actualizables, así como implementar medidas de seguridad avanzadas para proteger la integridad y la privacidad de los sistemas electrónicos en vehículos de categoría N1 y, en última instancia, garantizar la seguridad y la confianza de los usuarios en la tecnología de los vehículos modernos.

Este proyecto es de gran complejidad y requiere un equipo interdisciplinario que incluye ingenieros electrónicos, programadores y expertos en regulaciones vehiculares.

1.7.2 Categoría N1

La categoría N1 se refiere a una categoría específica según las normativas europeas y se utiliza para designar vehículos ligeros de carga. Estos vehículos están destinados al transporte de mercancías y tienen un peso máximo autorizado (PMA) de hasta 3.5 toneladas.

La clasificación de vehículos según la categoría N1 se aplica a furgonetas y camiones ligeros, incluyendo vehículos comerciales que se utilizan para transportar carga, ya sea en actividades de reparto, logística comercial o para otros fines profesionales. Los vehículos tienen capacidades de carga menores que los camiones de mayor tamaño y suelen usarse para transportar en áreas urbanas o en actividades comerciales menores.

La categoría N1 puede abarcar una amplia gama de vehículos, desde furgonetas de reparto hasta vehículos comerciales más pequeños y ágiles utilizados en diversas industrias. Estos vehículos tienen restricciones en cuanto al peso permitido y se clasifican en esta categoría debido a su diseño y propósito específico de carga más liviana en comparación con vehículos de categorías superiores, como los camiones pesados. (Montoya Saiz, 2017)

1.7.3 Sistema de iluminación en vehículos:

Faros Delanteros: Los faros delanteros son esenciales para la iluminación del camino y permiten la visión nocturna. Pueden ser luces halógenas, de xenón o LED, y su diseño puede incluir luces de cruce (luces bajas) y luces largas.

Luces Diurnas (DRL): Las luces diurnas, si está equipado el vehículo, son luces de bajo consumo energético que se utilizan durante el día para aumentar la visibilidad del vehículo.

Luces de Posición: Estas luces son visibles cuando el vehículo está estacionado o en situaciones donde se requiere iluminación mínima, como en el crepúsculo.

Luces de Freno: Activadas al presionar el pedal de freno, estas luces alertan a los conductores detrás de que el vehículo está frenando.

Luces Traseras: Proporcionan iluminación para la parte trasera del vehículo, lo que ayuda a otros conductores a verlo en la oscuridad y en condiciones de baja visibilidad.

Luces de Marcha Atrás: Estas luces se encienden cuando el vehículo está en reversa para indicar a otros conductores y peatones que el automóvil está retrocediendo.

Intermitentes (Luz de Giro): Son luces que parpadean en el lado correspondiente del vehículo, indicando la intención de girar a la izquierda o a la derecha.

Luces Antiniebla Delanteras y Traseras: Diseñadas para condiciones de niebla o visibilidad reducida, estas luces mejoran la visión al iluminar el suelo por delante del vehículo.

Iluminación Interior: Incluye luces del salpicadero, luces de lectura, iluminación en el maletero, entre otros, para facilitar la visibilidad y comodidad dentro del vehículo.

Un sistema de iluminación eficiente y seguro es fundamental para la seguridad vial, ya que garantiza una óptima visibilidad en condiciones de poca luz, durante la conducción nocturna o en situaciones climáticas adversas. Estas luces, como faros delanteros, luces de freno, intermitentes y luces antiniebla, no solo permiten al conductor ver claramente el camino, sino que también alertan a otros conductores sobre las acciones del vehículo, reduciendo la probabilidad de accidentes. Además, un sistema de iluminación en buen estado garantiza el cumplimiento de las regulaciones viales, contribuyendo así a la seguridad general en las carreteras y la reducción de colisiones.

1.7.4 Diseño del sistema de iluminación

1.-Selección de Componentes:

- **MicroPDM:** Este módulo actúa como el centro de control del sistema, permitiendo la distribución de energía a los diversos componentes del sistema de iluminación.
- **Sensores:** Se eligen sensores lumínicos y de nivel de luz ambiental para detectar condiciones de luz, activando o desactivando las luces según sea necesario.
- **Controladores de Luces:** Se eligen controladores de luces que puedan recibir señales a través de la red CAN BUS y controlar los diferentes conjuntos de luces del vehículo (faros delanteros, traseros, intermitentes, etc.).
- **Actuadores y Luces:** Los actuadores se utilizan para cambiar el estado de las luces, como encender, apagar o modificar su intensidad.

2.-Conexión y Configuración de la Red CAN BUS:

- Se establece la red CAN BUS conectando todos los componentes. Se programan y configuran para que se comuniquen a través de esta red.

3.-Programación y Desarrollo de Software:

- Se desarrolla software para el MicroPDM que controla la distribución de energía, activando y desactivando los sistemas de iluminación según las señales de los sensores o controladores.
- Se programa cada controlador de luz para recibir comandos a través de la red CAN BUS y actuar en consecuencia.

4.-Instalación y Pruebas:

- Se instalan físicamente los componentes en el vehículo y se realizan pruebas para asegurar que todos los dispositivos se comuniquen correctamente a través de la red CAN BUS.
- Se verifican las funcionalidades, como la respuesta a señales de los sensores y el control adecuado de las luces.

5.-Optimización y Ajustes:

- Se realizan ajustes finos en el software y la configuración para garantizar un rendimiento óptimo del sistema de iluminación.

6.-Documentación y Mantenimiento:

- Se genera documentación técnica detallada sobre el diseño del sistema, protocolos de mantenimiento y diagnóstico para futuras referencias y se establece un plan de mantenimiento para asegurar su funcionamiento a largo plazo.

CAPÍTULO II

DESCRIPCION E IDENTIFICACION DE COMPONENTES

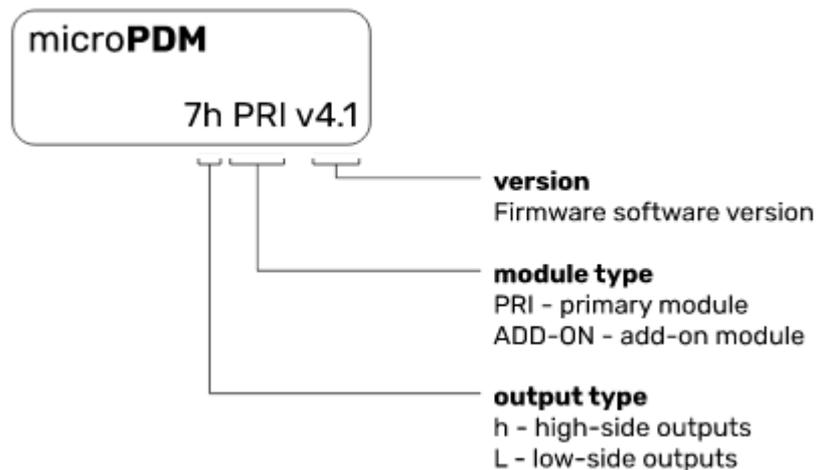
En este capítulo se realiza una descripción e identificación de todos los elementos necesarios para la implementación de una red can bus para el control del sistema de iluminación de un vehículo categoría N1. MicroPDM, elemento esencial, sirve como emisor y receptor de las señales Can Bus para el control del sistema de iluminación. Fusilera, elemento encargado de regular y controlar el voltaje y amperaje, tanto de salida como de entrada de esta manera protege a todos los sistemas, componentes internos y externos, controla rangos seguros de funcionamiento. Botonera, encargado de emitir las señales can bus, previamente configurado y etiquetado para las diferentes funciones.

2.1 MicroPDM

2.1.1 Identificación del producto

El MicroPDM se basa en un concepto de botones, cada uno de los cuales se puede configurar de diferentes maneras para satisfacer necesidades específicas, además consta de una etiqueta informativa en un costado de la unidad que identifica la configuración del software y su tipo de salida. Ver figura 3.

Figura 3: MicroPDM



Etiqueta informativa. Fuente: (PDM, 2024)

2.1.2 Conexiones previas al uso

Para comenzar a utilizar el MicroPDM, debe constar con las siguientes conexiones previas:

- Alimentación constante de 12 V
- Tierra constante
- Encendido (alimentación de 12v conmutada)
- CAN Low – CAN High

Los módulos primarios requieren la conexión de batería desde el interruptor de encendido.

Este elemento requiere un Can Bus que opera a 1 Mbit/seg por defecto. Un MicroPDM primario y una botonera deben estar en el mismo bus. Además, se puede usar sin teclado o con varios teclados, según la versión del firmware. Se puede tener otros dispositivos en el bus, como módulos adicionales, con una placa Can para el control externo.

Todas las salidas en el lado alto (high-side) del MicroPDM cuentan con protección contra sobre corriente y cortocircuito. En caso de una situación de sobre corriente o cortocircuito, el MicroPDM apagará el botón correspondiente, similar a un interruptor automático.

El sistema de red CAN BUS tolera una corriente de 2.5A de manera continua, esto no es un límite estricto. El sistema puede tolerar picos temporales de corriente. Cuando una salida experimenta una situación de sobre corriente sostenida, el MicroPDM suministrará la corriente solicitada hasta que comience a superar un umbral térmico interno, momento en el cual apagará el sistema para mantener una temperatura operativa estable.

2.1.3 Descripción de los pines

El MicroPDM es un componente versátil está diseñado para adaptarse a cualquier fusiblera diseñada para alojar dos relés del estilo Micro 280. Ver figura 4.

Figura 4: Pines

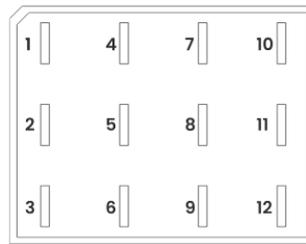


Diagrama de pines MicroPDM, Fuente: Guía MicroPDM

La tabla 1 proporciona una guía clara para la conexión y utilización de cada pin del MicroPDM. Cada pin tiene una función específica que contribuye a la operación general del dispositivo en un sistema. Esta información asegura una correcta instalación y aprovechamiento de todas las capacidades del MicroPDM en aplicaciones prácticas.

Tabla 1: Pines

PIN	FUNCIÓN
1	Tierra
2	Salida digital 6
3	12 V Batería + Constante
4	CAN Low
5	CAN High
6	12 V Batería + Encendido conmutado
7	Salida digital 7
8	Salida digital 5
9	Salida digital 4
10	Salida digital 3

11	Salida digital 2
12	Salida digital 1

2.1.4 Descripción de los pines, Fuente: Guía MicroPDM Detalles técnicos

Es importante considerar cada una de las características que presenta la MicroPDM, ya que, es indispensable para su funcionamiento, óptimo estado y correcto desempeño.

La tabla 2 nos ofrece una visión completa de las características técnicas del MicroPDM, destacando su robustez, capacidad de protección, y versatilidad en diversas aplicaciones. Estas especificaciones son cruciales para los ingenieros y técnicos que buscan integrar este dispositivo en sistemas que requieren alta fiabilidad y resistencia en condiciones adversas.

Tabla 2: Detalles técnicos MicroPDM

Detalles	MicroPDM
Carcasa	Plástico
Peso	40 gr
Conector	Terminal de 2.8 mm
Rango de temperatura	-40 °C a +85 °C
Protección ambiental	IP 67 en combinación con la caja de fusibles
Salidas totales	7 salidas digitales
Interfaz CAN	Interfaz CAN 2.0 A/B
Corriente en espera	23 mA
Protección contra corriente	1 A + carga

Protección contra sobretensión	$\geq 33 \text{ V}$
Desconexión por baja tensión	$\leq 6 \text{ V}$
Protección contra polaridad inversa	Si

Detalles técnicos de la MicroPDM, Fuente: Guía MicroPDM

2.2 Botonera o teclado

2.2.1 Identificación del producto

Cada tecla está rodeada por su propio led personalizable. Ver figura 5. Este elemento consta de una etiqueta en la parte posterior que identifica la configuración del software y su tipo de salida.

Figura 5: Botonera



Botonera en funcionamiento, Fuente: Autores

2.2.2 Conexiones previas al uso

Para comenzar a utilizar la botonera, debe constar con las siguientes conexiones previas:

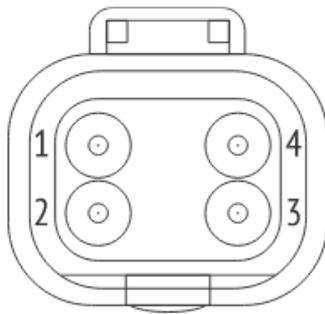
- Alimentación constante de 12 V
- Tierra constante
- Conectado al mismo bus CAN que el MicroPDM

Verificamos las conexiones y cuando se cumplen todas las condiciones previas y se suministra 12v al pin de encendido, las luces en el teclado se encienden al presionarlas.

2.2.3 Descripción de los pines

El teclado utiliza un conector receptáculo Deutsch DT de 4 pines. Los números de pin son visibles en la parte posterior del conector de esta manera identificamos para la correcta conexión. Ver figura 6.

Figura 6: Conector de salida botonera



PIN	WIRE COLOR	FUNCTION
1	blue	CAN low
2	white	CAN high
3	black	ground
4	red	Battery+ constant

Diagrama de conexiones de salida botonera, Fuente: Guía MicroPDM

2.2.4 Detalles técnicos

Es importante considerar las características que presenta la MicroPDM, ya que, es indispensable para su funcionamiento, optimo estado y correcto desempeño. Ver tabla 3.

Tabla 3: Detalles técnicos

Detalles	MicroPDM
Carcasa	Goma de silicona con recubrimiento de poliuretano
Peso	140 gr
Conector	Conector receptáculo Deutsch DT de 4 pines
Rango de temperatura	-40 °C a +70 °C

Protección ambiental	IP 67 / IP 69K
Salidas totales	8 botones
Interfaz CAN	Interfaz CAN 2.0 A/B
Corriente en espera	≤ 50 mA

Detalles técnicos de la botonera, Fuente: Guía MicroPDM

2.3 Cable CAN BUS

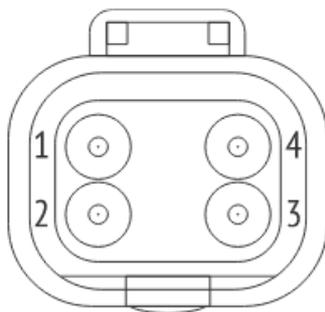
2.3.1 Conexión de salidas

El método de conexión de los pines de salida a los circuitos es designados y etiquetados.

La salida de alto suministra un amperaje continuo de hasta 2.5 A de corriente continua para cada salida, debe conectarse al lado positivo (+) de la carga.

Las salidas de bajo suministran hasta 0.5 A por cada salida, debe estar conectado al lado de la carga y tierra. Están diseñadas para controlar dispositivos conmutados a tierra como relés, otros PDM y sistemas OEM conmutados a tierra. Ver figura 7.

Figura 7: Conexión de salida



PIN	WIRE COLOR	FUNCTION
1	blue	CAN low
2	white	CAN high
3	black	ground
4	red	Battery+ constant

Diagrama de conexiones de salida, Fuente: Guía MicroPDM

2.4 Circuitos intervenidos

2.4.1 Designación de terminales

El sistema de normalización DIN 72 552, usado para la representación de diagramas eléctricos y designación de pines. Aplicado para fines automotrices para facilitar la correcta conexión de dispositivos y su cableado. Ver tabla 4.

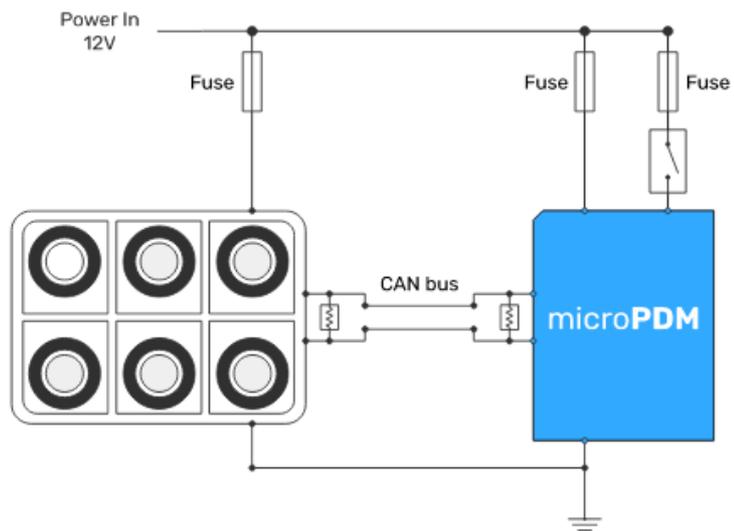
Tabla 4: Designación de terminales

Terminal	Definición
1	Ignición
15	Polo positivo conmutado de batería
15a	Salida de la resistencia en serie hacia la bobina de encendido
30	Entrada directa desde polo positivo de la batería
30a	Conmutación desde batería
31	Cable de retorno, directamente al polo negativo de la batería o masa
49	Entrada
49a	Salida
49b	Salida al segundo circuito
49c	Salida al tercer circuito
50	Mando (directo) del motor de arranque
50a	Mando del motor de arranque (indirecto), salida en el conmutador de batería
56b	Luz de cruce
57	Lámparas de estacionamiento
57a	Luz de estacionamiento
57L	Luz estacionamiento izquierda
57R	Luz estacionamiento derecha
58	Luz guía o de posición.
B+	Polo positivo de batería
B-	Polo negativo de batería

Legenda de terminales intervenidos, Fuente: Bosch automotive electrics and automotive electronics

2.4.2 Diagrama de conexión botonera – MicroPDM

Figura 8: Diagrama botonera y MicroPDM



Conexión botonera y MicroPDM, Fuente: Guía MicroPDM

2.4.3 Diagrama de fusiblera

La figura 9 representa las conexiones del MicroPDM, fusibles, relés y botonera, que se representa en la fusiblera.

Figura 9: Diagrama fusiblera

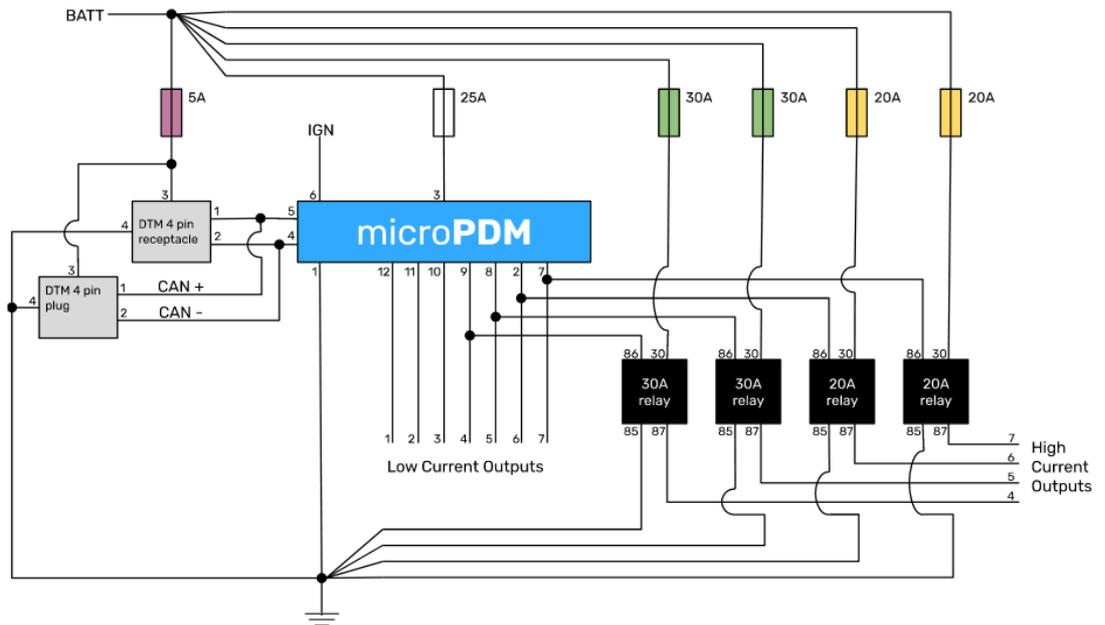


Diagrama de fusiblera, Fuente: Guía MicroPDM

A continuación, se detalla los circuitos que fueron intervenidos con sus respectivos pines de conexión en el vehículo N1, mediante la implementación de la red Can Bus, de esta manera, omitiendo ciertos elementos del circuito convencional sin retirarlos en caso de necesitar su uso.

2.4.4 Circuito direccional izquierdo

La figura 10 representa el circuito que se implementó la botonera, fusiblera con sus respectivas conexiones requeridas como se observa en la imagen y el cable B2 calibre A.W.G 14,15 A, el uso del cable se consideró en base al consumo de corriente requerido, se conectó al terminal 57 L ubicado a la salida de la fusiblera original del vehículo, omitiendo el uso del flasher y fusiblera convencional.

Figura 10: Conexión Direccional L

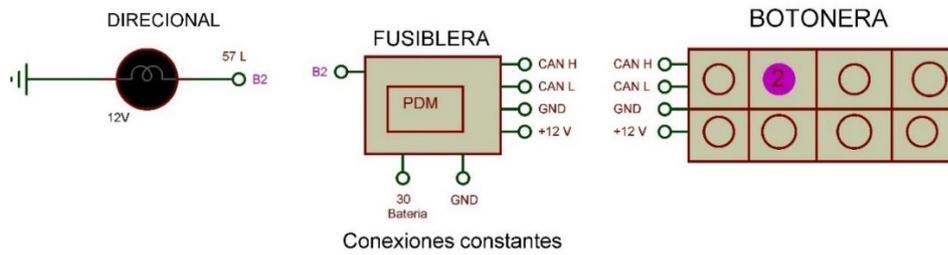


Diagrama eléctrico direccional izquierdo, Fuente: Autores

2.4.5 Circuito Direccional derecho

En el circuito se implementó la botonera, fusiblera con sus respectivas conexiones requeridas y el cable B3 calibre A.W.G 14, 15 A que se conectó al terminal 57 R ubicado a la salida de la fusiblera original del vehículo, omitiendo el uso del flasher y fusiblera convencional. Ver figura 11.

Figura 11: Conexión Direccional D

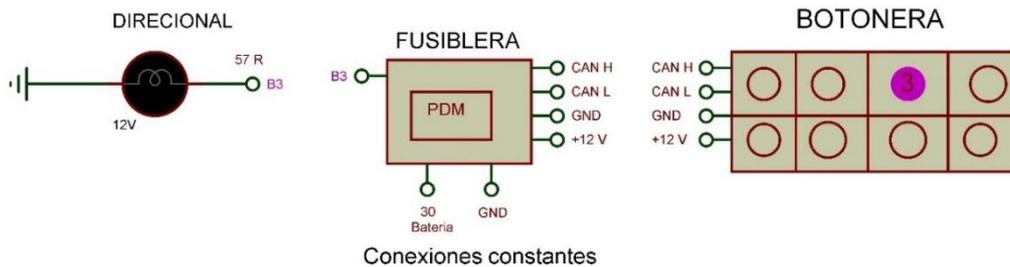


Diagrama eléctrico direccional derecho, Fuente: Autores

2.4.6 Circuito luz cabina

En el circuito se implementó la botonera, fusiblera con sus respectivas conexiones requeridas y el cable B4 calibre A.W.G 14, 15 A que se conectó al terminal L1 en la parte superior del habitáculo. Ver figura 12.

Figura 12: Conexión luz cabina

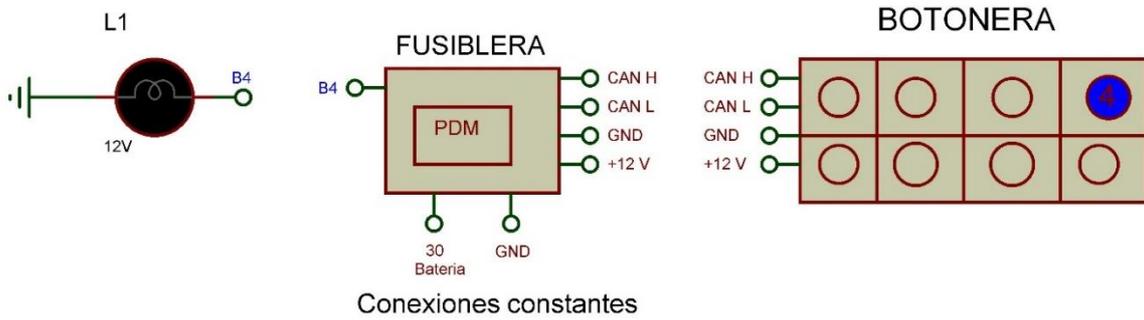


Diagrama eléctrico luz cabina, Fuente: Autores

2.4.7 Circuito luz bajas

En el circuito se implementó la botonera, fusiblera con sus respectivas conexiones requeridas y el cable B6 calibre A.W.G 10, 30 A, se usó este número de cable, ya que, el consume de corriente supera los 20 A que se conectó al terminal 56b ubicado a la salida de la fusiblera original del vehículo. Ver figura 13.

Figura 13: Conexión luz de cruce

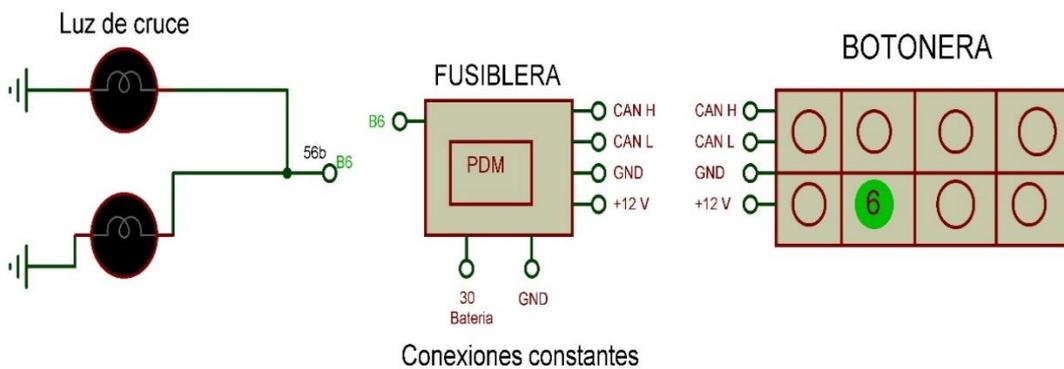


Diagrama eléctrico luz de cruce, Fuente: Autores

2.4.8 Circuito contacto

En la figura 14 se observa el circuito que se implementó la botonera, fusiblera con sus respectivas conexiones requeridas y el cable B7 calibre A.W.G 10, 30 A que se conectó al terminal 56b ubicado a la salida de la fusiblera original del vehículo.

Figura 14: Conexión contacto

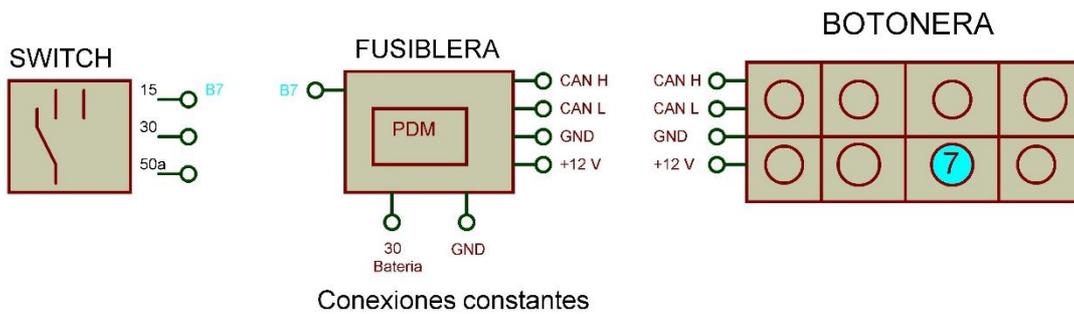


Diagrama eléctrico contacto, Fuente: Autores

2.4.9 Circuito arranque

En el circuito se implementó la botonera, fusiblera con sus respectivas conexiones requeridas y el cable B8 calibre A.W.G 10, 30 A, se usó este este número de cable, ya que, presenta un elevado consumo de corriente para el arranque y soporta mejor la temperatura del motor y el consume de corriente supera los 25 A que se conectó al terminal 50a en el motor de arranque ubicado en la parte posterior del motor. Ver figura 15.

Figura 15: Conexión de arranque

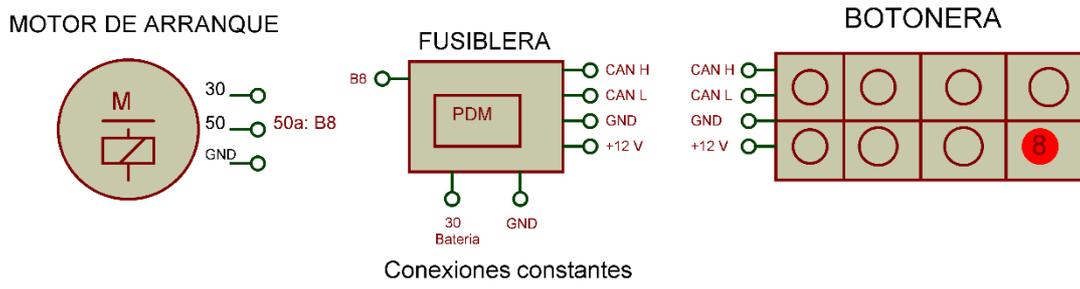


Diagrama eléctrico arranque, Fuente: Autores

CAPÍTULO III

PROGRAMACIÓN BOTONERA O TECLADO

En este capítulo se describe el proceso de programación implementado para el uso de la botonera. Las funciones se desarrollan basadas en la programación permitida por la guía del equipo, analizando el circuito necesario para el correcto funcionamiento de cada botón. Es importante considerar el manual de programación para la adecuada aplicación y uso.

3.1 Método de aprendizaje del teclado

El MicroPDM tiene un botón de aprendizaje en el lado derecho. Esto permite que el MicroPDM aprenda la identificación CAN y las funciones de cada botón del teclado.

3.1.1 Aprendizaje botonera

- Con el teclado apagado, conecte el MicroPDM al bus CAN y proporcione alimentación constante a través del pin 3 del conector MicroPDM.
- Mantener presionado el botón de aprendizaje durante 2 segundos hasta que la luz parpadee rápidamente.
- Encender el teclado después de unos segundos, los LED del teclado se apagarán.
- Mantener presionado el botón de aprendizaje durante otros 2 segundos hasta que la luz se encienda de manera constante.
- Presionar el botón en el teclado que desea asociar con la salida correspondiente del MicroPDM.
- La luz del botón correspondiente parpadeará y luego se apagará para indicar que se ha completado el aprendizaje.

3.2 Modos de funcionamiento

3.2.1 Modo de Operación

Durante condiciones normales de conducción, el MicroPDM funcionará en el modo de operación. Este es el modo en el que se utilizarán sus elecciones preconfiguradas. Por ejemplo, si ha configurado un botón en su teclado para el parpadeo rápido de los faros y presiona ese botón durante una carrera para hacer parpadear sus faros al pasar, el MicroPDM está en modo de operación.

3.2.2 Modo de Espera

El MicroPDM entrará en este modo cuando el interruptor de encendido se apague, eliminando el voltaje en el pin de encendido (pin 6), y todos los botones estén apagados.

3.2.3 Modo de Configuración

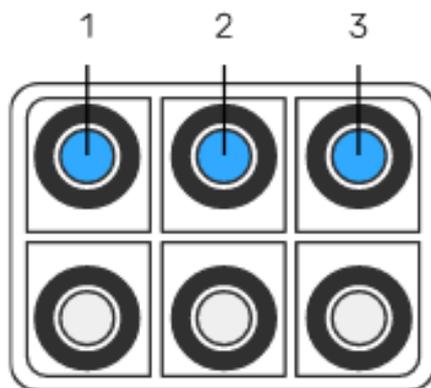
Para programar características y funciones, el MicroPDM debe estar en modo de configuración. Este es el modo utilizado para personalizar la conducción y cambiar las características y funciones de botones específicos.

3.3 Configuración de botonera

3.3.1 Ingresar a configuración

Mantenga presionados los botones 1, 2 y 3 simultáneamente como se observa en la figura 16 hasta que el LED de configuración comience a parpadear rápidamente.

Figura 16: Modo configuración

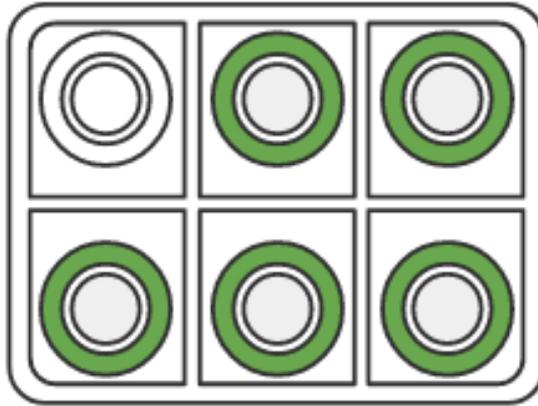


Ingreso al modo configuración, **Fuente:** Guía MicroPDM

3.3.2 Navegar entre opciones

Use el botón 1 para recorrer las opciones de configuración disponibles, el color del led indicará la opción de configuración actual. Ver figura 17.

Figura 17: Modo navegación

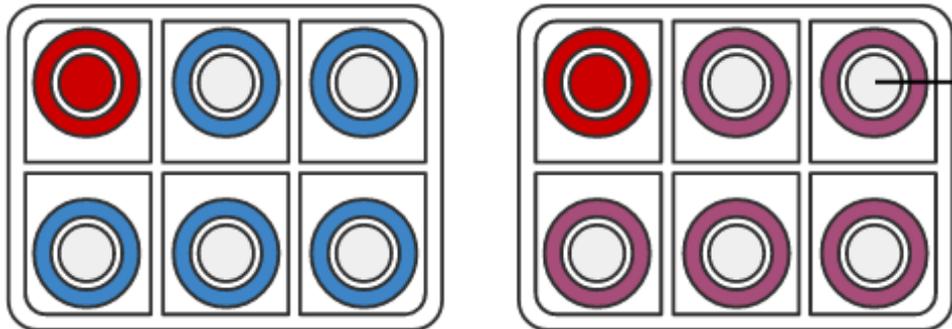


Ingreso al modo de selección, **Fuente:** Guía MicroPDM

3.3.3 Ajustar configuraciones

- Una vez seleccionada una opción de configuración, use los botones 2 y 3 para aumentar o disminuir el valor de la configuración.
- El LED reflejará los cambios realizados en la configuración. Ver figura 18.

Figura 18: Modo parámetro y valor



Ingreso al modo de parámetro y valor, **Fuente:** Guía MicroPDM

3.3.4 Guardar configuración

Después de ajustar las configuraciones según sea necesario, mantener presionados los botones 1, 2 y 3 simultáneamente hasta que el LED de configuración deje de parpadear.

Esto indica que los cambios se han guardado y el MicroPDM sale del modo de configuración.

3.3.5 Salir del Modo de Configuración sin Guardar:

Salir del modo de configuración sin guardar cambios, simplemente apague el MicroPDM. Los cambios realizados durante la sesión actual no se guardarán.

3.3.6 Restablecer a los valores predeterminados de fábrica:

- Apague el MicroPDM.
- Mantenga presionados los botones 1, 2 y 3 simultáneamente mientras enciende el MicroPDM.
- Continúe sosteniendo los botones hasta que el LED de configuración comience a parpadear rápidamente.
- Suelte los botones y el MicroPDM se restablecerá a los valores predeterminados de fábrica.

3.4 Asignación de botones

Dependiendo de cada función del botón, elegimos el color, parámetro, valor, función, estos varían, ya sea en frecuencia, en tiempo, comportamiento. Ver figura 5.

Tabla 5: Designación de botones

Botones	Color ON	Color OFF	Parámetro	Valor	Función	Razón
2	Anaranjado P	Morado	Comportamiento	Flash 1.5 Hz	Direccional Izquierdo	Con un solo pulso el botón empieza a enviar una señal con frecuencia de 1.5 Hz o 1.5sec a los direccionales izquierdos
3	Anaranjado P	Morado	Comportamiento	Flash 1.5 Hz	Direccional Derecho	Con un solo pulso el botón empieza a enviar una señal con frecuencia de 1.5 Hz o 1.5sec a los direccionales derechos
4	Azul	Anaranjado	Bloqueo	On	Luz cabina	Este botón se comporta como un interruptor normal
6	Verde	Azul	Bloqueo	On	Luces medias	Este botón se comporta como un interruptor mientras el sistema no genere ningún código de error o sobretensión
7	Blanco	Azul	Ignición	On	Contacto	Control de encendido de la botonera
8	Verde	Rojo	Ignición	Off	Arranque	Envía la señal mientras presionamos el botón, al momento de soltar deja de enviar la señal, lo cual nos sirve para el arranque.

CAPÍTULO IV

PRUEBAS

4.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.1.1 Función del sistema

El funcionamiento del Can Bus se basa en mensajes que se traducen en pulsos eléctricos pueden ser Can Low o Can High, dependiendo de la intensidad de corriente que requiera dicha función. Ver figura 19.

Figura 19: Conexión Can High



Conexión de batería y arranque, Fuente: Autores

Cabe recalcar todos los componentes del sistema implementado funcionan como emisor y receptor, en caso de presentar alguna falla, todo el sistema lo reconoce, suspende y permite reiniciar hasta corregir la falla, en el caso de los focos direccionales se refleja la velocidad de parpadeo en el foco led del botón asignado.

La botonera es colocada en la cabecera del habitáculo, arriba del radio sin perjudicar la visibilidad y concentración del conductor, la misma funcionara como emisor para realizar las diferentes funciones configuradas.

La botonera envía el mensaje a la MicroPDM que está colocado en la fusiblera del sistema implementado, dependiendo de la intensidad corriente hace uso de los distintos fusibles y relés que varían en amperaje, las conexiones se realizan desde los cables que salen de fusiblera hacia los diferentes circuitos intervenidos, de esta manera controlamos ciertos circuitos del sistema de iluminación y encendido del vehículo. Ver figura 20.

Figura 20: Fusiblera



Ubicación de fusilera, Fuente: Autores

4.1.2 Función de botones

La finalidad en este proyecto es optimizar recursos para el control del sistema de iluminación, brindando mayor seguridad al omitir componentes convencionales, además, se programa la botonera con distintos colores en cada botón para facilitar su manejo y brindando una experiencia más personalizada.

Botón 2: Es el encargado de emitir una señal de 1.5 Hz para el parpadeo del foco direccional izquierdo y reflejándose en el foco led del botón, omitiendo de esta manera el uso del flasher y reduciendo fallas.

Botón 3: Es el encargado de emitir una señal de 1.5 Hz para el parpadeo del foco direccional derecho y reflejándose en el foco led del botón, omitiendo de esta manera el uso del flasher y reduciendo fallas.

Botón 4: Este botón se comporta como un interruptor normal, emite una señal al foco del habitáculo permitiendo el control de este.

Botón 6: Este botón se comporta como un interruptor mientras el sistema no genere ningún código de error o cortocircuito, permitiendo encender las luces de cruce o medias.

Botón 7: Funciona como el contacto de un vehículo normal, permitiendo el funcionamiento de toda la botonera o el apagado del sistema.

Botón 8: En esencia es el arranque del vehículo, permitiendo poner en marcha el motor, por ende, el funcionamiento de todo el sistema. Envía la señal mientras presionamos el botón, al momento de soltar deja de enviar la señal, lo cual nos sirve para el arranque.

4.2 OPERACIÓN DEL SISTEMA

En esta parte se explica cómo poner en funcionamiento el nuevo sistema, desde las operaciones convencionales que no han sido omitidas, como el uso de la llave para la seguridad del vehículo y el uso del sistema convencional en caso de presentar fallas.

4.2.1 Inicio del sistema

El conductor inserta la llave en el interruptor de encendido y la gira hasta alcanzar la posición de contacto, preparando el sistema eléctrico del vehículo y el CAN BUS mediante la botonera.

4.2.2 Encendido de la botonera (en contacto)

Una vez que el conductor ha girado la llave en la posición de contacto, se ilumina el panel de control. El siguiente paso requiere que el conductor presione el botón de contacto en dicho panel, lo cual habilita los otros botones y permite su uso. Esta secuencia asegura que todos los sistemas estén preparados y listos para ser accionados de manera eficiente y segura.

4.2.3 Arranque del Vehículo

Tras colocar la botonera y el vehículo en la posición de contacto, el panel de control se ilumina, indicando que los sistemas están listos para su activación. El conductor debe entonces mantener presionado el botón de encendido en el panel hasta que el motor del vehículo arranque completamente. Este proceso asegura que todos los componentes eléctricos y mecánicos estén adecuadamente sincronizados, proporcionando un inicio suave y controlado del vehículo.

4.2.4 Encendido del sistema de iluminación luces medias

El conductor debe presionar el botón con el ícono de luces medias para activar las luces delanteras del vehículo. Este sencillo acto enciende las luces medias, asegurando una visibilidad óptima en condiciones de poca luz. De igual manera, para apagar las luces, el conductor debe presionar nuevamente el mismo botón con el ícono de luces medias. Este mecanismo intuitivo permite encender y apagar las luces de forma eficiente y sin complicaciones, garantizando una operación segura y sin problemas.

4.2.5 Encendido de luces direccionales izquierda y derecha

Cuando el conductor desee girar el vehículo y necesite activar las luces direccionales, debe presionar el botón correspondiente a la direccional izquierda o derecha, según la dirección en la que planea girar. Este simple acto permite a los demás conductores y peatones comprender sus intenciones de cambio de dirección. Una vez completada la maniobra y ya no se requiera la señalización, el conductor debe presionar nuevamente el mismo botón para desactivar la luz direccional previamente activada. Este sistema asegura una operación intuitiva y eficiente, facilitando la comunicación clara y segura de las intenciones del conductor en la vía.

4.2.6 Encendido de luz de cabina

Si el conductor desea encender la luz de la cabina, debe presionar el botón designado para activar la iluminación interior del vehículo. Al hacerlo, se proporciona una visibilidad clara dentro del habitáculo, permitiendo al conductor y a los pasajeros ver claramente el interior del vehículo. Esta función es especialmente útil en condiciones de poca luz o durante la noche. De manera similar, para apagar la luz de la cabina, el conductor simplemente debe presionar nuevamente el mismo botón. Este mecanismo intuitivo y eficiente garantiza una fácil operación, permitiendo al conductor controlar la iluminación interior con un solo toque, asegurando comodidad y conveniencia.

CONCLUSIONES

- Después de la investigación teórico-práctica se adquirió nuevos conocimientos de la red Can Bus, cabe recalcar las principales ventajas como la flexibilidad de las 13 configuraciones que nos permite la botonera, detección de sobretensión y sobrevoltaje dependiendo del circuito y robustez para transmitir datos evitando la interferencia en el sistema.
- Este proyecto será útil para los estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz, para futuras investigaciones e implementaciones, ya que, el protocolo Can Bus permite implementar una variedad de sensores mejorando y automatizando los sistemas de iluminación entre otros.
- Lo planificado en el proyecto inicialmente se ha logrado a cabalidad, desde la investigación hasta la puesta en práctica del sistema de control Can Bus en el vehículo N1 logrando la reducción de cortocircuitos, fugas de corriente y eliminando fallas en los circuitos que usan flasher.
- La implementación del sistema CAN BUS en el vehículo N1 ha demostrado ser clave para la optimización en el control lumínico, omitiendo el uso del flasher, más de 15 conexiones y una parte del cableado del sistema de iluminación.
- Pese a un ligero aumento de 2 A en el consumo de corriente con el CAN BUS, destaca la eficiencia para el control del sistema lumínico, dando una respuesta más coordinada y rápida a las necesidades del conductor, ya que, asimila cada función con el color del botón y este cambia de color para indicar el correcto funcionamiento, lo que produce mejor concentración en la conducción.
- La asignación de botones dedicados en la botonera CAN ha permitido un control preciso y directo sobre cada función lumínica, evidenciado por la ubicación y facilidad de uso, ofreciendo al conductor una experiencia de manejo más intuitiva y personalizada.

RECOMENDACIONES

- Reconocer cada pin de salida, voltaje, amperaje y señalar su respectivo cable para no general confusiones a la hora de programar la botonera.
- Al programar la botonera asegurarse de que el botón resistirá la carga emitida o que trabaje con un relé caso contrario, producirá sobre tensión y todo el sistema se apaga.
- Antes de iniciar la manipulación, programación o conexión de los equipos asegurarse de tener claro el funcionamiento, forma de conexión, manipulación y, sobre todo, entendido el manual de los equipos.
- Antes de realizar la implementación en el vehículo asegurarse que todo el sistema este operativo, caso contrario, genera errores o confusiones a la hora de realizar las pruebas.
- Al momento de realizar las conexiones asegurarse que sea el cable correcto tanto de la fusilera como del vehículo, de no ser así, el sistema puede producir erros o no encenderá.
- Dar un mantenimiento preventivo a los circuitos del vehículo al igual que los módulos implementados, ya sea de cambiar algún relé que no esté funcionando correctamente, un fusible quemado o algún cable que este generando un falso contacto.
- Se recomienda realizar una revisión detallada de los protocolos de comunicación CAN utilizados, con el objetivo de minimizar el ligero aumento en el consumo de corriente y optimizar aún más la eficiencia eléctrica.
- Monitorear continuamente el rendimiento lumínico y eléctrico para identificar cualquier variación a largo tiempo, permitiendo ajustes proactivos y mantenimientos predictivos.
- Investigar y desarrollar estrategias específicas sobre el ahorro de energía que se puedan integrar con el CAN BUS para mitigar posibles incrementos en el consumo eléctrico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Andres, J., Barrera, B., Tecnológica, U., Pereira, D. E., De, F., & Pereira, T. (2017). *Estudio del Protocolo de Comunicación serial BUS CAN y la aplicación en la industria de vehículos de transporte BUSSCAR DE COLOMBIA.* <https://repositorio.utp.edu.co/handle/11059/9251>
- Bonilla, S., & Mesias, R. (2012). *Construcción de un modelo didáctico para la iluminación del vehículo controlado con sistema CAN BUS, para el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Automotriz.* <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2279>
- Calderón, C. (2016). *Construcción de una maqueta funcional con todos los elementos de una red de datos can-bus para el taller de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.* <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5515>
- Ciencias de la Electrónica, D., & Guadalupe Feliciano Fuentes, Lady. (2019). *Identificación y control de parámetros de clúster de instrumentos automotriz mediante Red Can.* <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/4738>
- Enrique, E., Arboleda, H., Alberto, J., & Zambrano, S. (2018). *Diseño e implementación de módulos didácticos con comunicación Bus-Can para los sistemas de luces y alarma de un automóvil moderno.* <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16452>
- Montoya Saiz, L. (2017). *Diseño e implementación de una red CAN bus para el control del sistema de confort de un vehículo.* <http://hdl.handle.net/10902/11009>
- Perales, S. M. (2020). *Interpretación y análisis de datos de la red CAN-BUS en dispositivos android.* <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/19485>
- Rodríguez-Segura E, Díaz-Carmona J, -Chávez, H., Vázquez-Nava N, & Correa-Gómez, J. (2011). Balastro electrónico digital con control de intensidad

luminosa direccionado digitalmente basado en bus CAN. *Revistas.Unam.Mx*, 1, 25–37. <http://revistas.unam.mx/index.php/ingenieria/article/view/24085>

Saiz, L. M. (2017). *Diseño e implementación de una red CAN bus para el control del sistema de confort de un vehículo*. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/11009>

Tapia, J., Ordoñez, S., INCITEC, S. U.-, & 2021, undefined. (2021). Análisis de redes multiplexadas y protocolos de comunicación implementados en un vehículo Mazda CX-3 2019. *Publicaciones.Insteclrg.Edu.EcJ* *Tapia, S Ordoñez, S UrgilésINCITEC (REVISTA INNOVACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA)*, 2021•*publicaciones.Insteclrg.Edu.Ec*, 1(1), 2–80. <https://publicaciones.insteclrg.edu.ec/index.php/INCITEC/article/view/103>

Torres, E. R. (2008). *Diseño e implementación de tarjetas electrónicas de comunicaciones CAN-bus del robot Asibot 1.5*. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/15443>

Zúñiga, J. S. (2016). *Elaboración de un manual sobre el manejo del sistema de red en datos Can-Bus Peugeot 206*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5544>

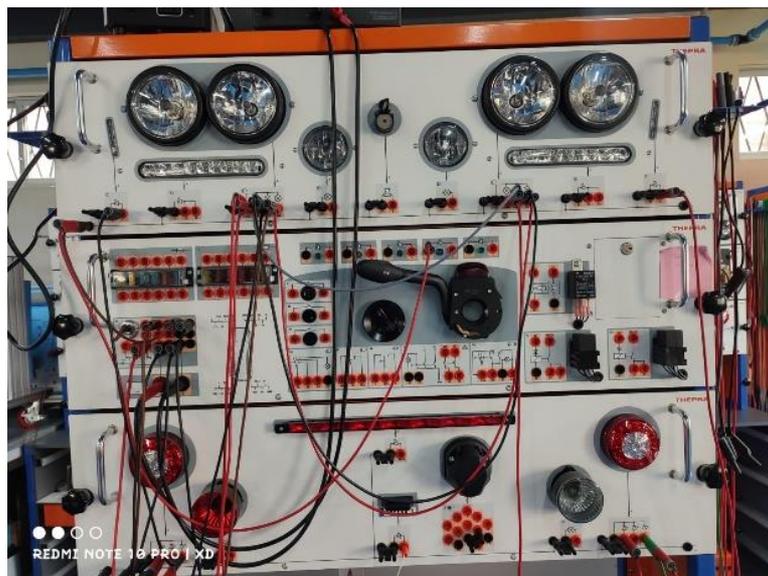
automotrizenvideo. (2011). *automotrizenvideo*. Obtenido de automotrizenvideo: automotrizenvideo. (2011). automotrizenvideo.com. Obtenido de automotrizenvideo

PDM, G. M. (27 de 6 de 2024). *Guia Micro PDM*. Obtenido de Guia Micro PDM: <https://docs.google.com/document/d/1PiAdeJx2ifKmj8Z6xsvg7D-EscNVLeYQuqlOHanZGVc/edit#heading=h.h7tkwef863eu>

ANEXOS.



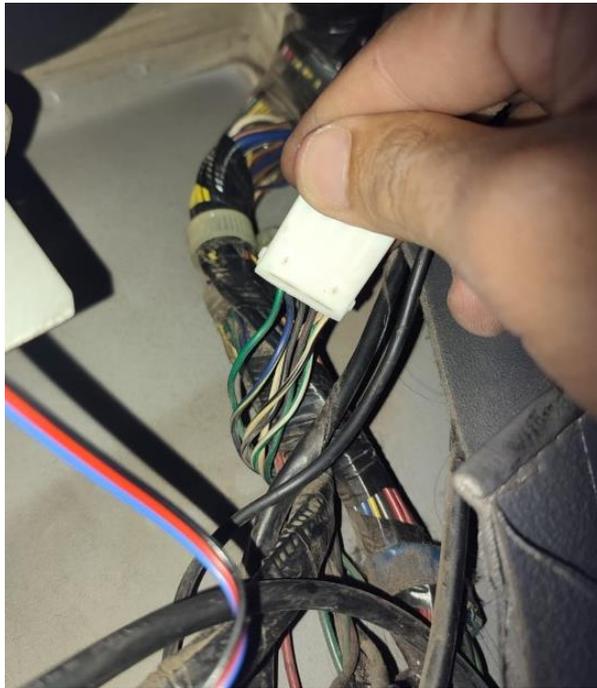
Anexo 1. Botonera Can Bus



Anexo 2. Pruebas de funcionamiento en banco de iluminación Thepra.



Anexo 3.- Fusilera con microPDM



Anexo 4.-Conector de luces direccionales lado izquierdo y lado derecho.



Anexo 5.-Cable de luces medias



Anexo 6.-Ubicación Botonera Can Bus



Anexo 7. Conexión de la fusilera al positivo de la batería (cable rojo)



Anexo 8. Conexión de fusiblera a motor de arranque (cable blanco)



Anexo 9. Fusilera con MicroPDM ubicado bajo el volante sin alguna interrupción al conductor



Anexo 10. Cable negativo de la botonera (tierra)