



ISBN: 978-99983-69-26-9 (Impreso)  
ISBN: 978-99983-69-46-7 (E-Book, pdf)

## **INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

# **SIMULADOR DIDÁCTICO AUTOMOTRIZ DE RED MULTIPLEXADA CAN-BUS Y SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA ELÉCTRICAMENTE EPS**

**APLICACIÓN EN ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

**DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL**  
TÉC. FRANCISCO ERNESTO CORTEZ REINOSA

**DOCENTE COINVESTIGADOR**  
ING. EDUARDO ANTONIO AMAYA GARCÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ  
ESCUELA DE EDUCACIÓN DUAL  
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

ENERO 2024



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL  
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA







ISBN: 978-99983-69-26-9 (Impreso)  
ISBN: 978-99983-69-46-7 (E-Book, pdf)

## **INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

# **SIMULADOR DIDÁCTICO AUTOMOTRIZ DE RED MULTIPLEXADA CAN-BUS Y SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA ELÉCTRICAMENTE EPS**

**APLICACIÓN EN ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

**DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL**  
TÉC. FRANCISCO ERNESTO CORTEZ REINOSA

**DOCENTE COINVESTIGADOR**  
ING. EDUARDO ANTONIO AMAYA GARCÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ  
ESCUELA DE EDUCACIÓN DUAL  
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

ENERO 2024



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL  
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA



**Rector**

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

**Vicerrector**

Ing. Christian Antonio Guevara

**Director de Investigación  
y Proyección Social**

Ing. Mario W. Montes Arias

**Dirección de Investigación  
y Proyección Social**

Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo

Inga. Jeannette Tatiana Galeas Rodríguez

Téc. Alexandra María Cortez Campos

Sra. Delmy Roxana Reyes Zepeda

**Director Escuela de Ingeniería Automotriz**

Ing. Juan José Lara Hernández

**Director Escuela de Educación Dual**

Ing. Ovanio Humberto Ávalos García

629.254

C828s

Cortez Reinoso, Francisco Ernesto 1988-

Simulador didáctico automotriz de red multiplexada

slv

CAN-bus y sistema de dirección asistida eléctricamente EPS, aplicación en ITCA-FEPADE Sede Central / Francisco Ernesto Cortez Reinoso y Eduardo Antonio Amaya García. -- 1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv.: ITCA Editores, 2024.

1 recurso electrónico, (63 p. : il.; 28 cm.)

Datos electrónicos (1 archivo: pdf, 6.9 MB).--

<https://www.itca.edu.sv/produccion-academica/>

ISBN: 978-99983-69-46-7 (E-Book, pdf)

ISBN: 978-99983-69-26-9 (Impreso)

1. Automóviles - Equipo electrónico - Enseñanza
2. Control electrónico. 3. Electrónica - Materiales.
4. Motores de combustión interna - Enseñanza. I. Amaya García, Eduardo Antonio 1980-, coaut. II. Título.

**Autor**

Téc. Francisco Ernesto Cortez Reinoso

**Co Autor**

Ing. Eduardo Antonio Amaya García

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2024

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA–FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica, el sector empresarial y la sociedad, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.



Atribución-No Comercial  
Compartir Igual  
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio Web: [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

TEL: (503)2132-7423

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
	2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
	2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA.....	5
	2.3. JUSTIFICACIÓN.....	7
3.	OBJETIVOS.....	7
	3.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
	3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
4.	HIPÓTESIS.....	7
5.	MARCO TEÓRICO.....	8
	5.1. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO.....	25
6.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	28
7.	RESULTADOS.....	29
8.	CONCLUSIONES.....	53
9.	RECOMENDACIONES.....	53
10.	GLOSARIO.....	53
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
12.	ANEXO: INFORMACIÓN TÉCNICA DEL MODELO NISSAN SENTRA 2008 .....	55

## 1. INTRODUCCIÓN

Las redes multiplexadas son fundamentales en los vehículos actuales, que las utilizan en todos sus sistemas, garantizando y agilizando la transmisión de datos y permitiendo diagnosticar averías. El presente trabajo de investigación aprovechó estas características y las múltiples ventajas que este tipo de conectividad ofrece.

El objetivo del proyecto fue diseñar, construir y programar un simulador automotriz didáctico de red multiplexada CAN-bus y Dirección Asistida Eléctrica EPS para fortalecer la enseñanza aprendizaje de mecánica automotriz.

En la actualidad en la rama automotriz se hace uso de nuevas plataformas, aplicaciones, interfaces que facilitan la comprensión y solución de fallas en los automóviles. Esto conlleva adoptar una cultura que esté familiarizada con procesos virtuales-manuales, que requieren conectarse a una red de comunicación de los módulos instalados dentro del vehículo, esto permite el acceso a una gama de operaciones digitales. En ese sentido, los resultados de este proyecto permitirán la interacción entre el usuario y los sistemas incorporados en el simulador didáctico del sistema de dirección, EPS, TPMS, OBDII, CAN-bus y sistema de suspensión, entre otros. Esto permite conectar diferentes escáneres de diagnóstico, osciloscopio interfaces de control CAN bus, etc.

Se analizaron los diagramas eléctricos de los sistemas seleccionados a controlar con el simulador. El equipo construido cuenta con características innovadoras de portabilidad, manejo y aplicación del trabajo a realizar en el taller; permite la simulación de giro del motor de combustión a través de la implementación de un circuito variador de velocidad en un motor eléctrico a 12 VDC, que cuenta con un engrane reluctor de 32 dientes.

Se realizó el diseño y construcción de la estructura metálica del simulador y la interacción de los diferentes módulos de control del sistema electrónico de un Nissan Sentra 2008.

El simulador construido incluye componentes del sistema de suspensión (amortiguadores, puente inferior, brazos de control), columna de dirección (interruptor principal de ignición, módulo de control EPS, motor eléctrico, cremallera, ruedas motrices con válvulas electrónicas), componentes del sistema de panel de instrumentos (tablero de indicadores, conector DLC, entre otros).

El equipo cuenta con simulación de giro del motor de combustión, gracias a la implementación de un circuito variador de velocidad en un motor eléctrico a 12 voltios, con un engrane reluctor de 32 dientes.

Se implementó la CAN box test para determinar protocolos de comunicación y pruebas directas a la red del simulador didáctico. Además, se pueden simular 5 fallas determinantes en el sistema de red CAN bus y otras fallas en el Sistema de Dirección Eléctrica EPS considerando los diferentes factores del entorno automotriz.

Se elaboró un manual de guías prácticas del simulador didáctico, con diferentes niveles de dificultad para estudiantes de Mecánica Automotriz de ITCA-FEPADE Sede Central. El simulador cumple con las funciones de compatibilidad e interacción entre módulos, permitiendo ingresar con múltiples equipos de diagnóstico electrónico tales como: escáner automotriz, interfaz de comunicación y osciloscopio de dos o más canales.

El equipo construido es capaz de cumplir con las funciones de compatibilidad e interacción entre módulos, permitiendo ingresar con múltiples equipos de diagnóstico electrónicos como: escáner automotriz, interface de comunicación, osciloscopio de dos o más canales y otros.

Los resultados obtenidos permiten incluir tópicos de avances tecnológicos en el área de sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA


Actualmente, la Escuela de Ingeniería Automotriz no cuenta con ningún tipo de equipo, dispositivo o entrenador que cuente con la aplicación de red multiplexado CAN-bus, el sistema de monitoreo de presión de aire en las llantas TPMS (Tire Pressure Monitoring System) ni tecnología EPS (Electric Power Steering). En este proyecto, se propuso el diseño y desarrollo de un simulador didáctico con componentes del automóvil, tales como: componentes del sistema de suspensión (amortiguadores, puente inferior, brazos de control), columna de dirección (interruptor principal de ignición, módulo de control EPS, motor eléctrico, cremallera, ruedas motrices con válvulas electrónicas), componentes del sistema de panel de instrumentos (tablero de indicadores, conector DLC, entre otros), que sea capaz de funcionar de manera tradicional.




### 2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA

Entre los proveedores internacionales, regionales o locales de equipos y entrenadores didácticos destinados al sector automotriz, no existe un equipo o dispositivo que reúna todas las características de funcionamiento descritas en el cuadro comparativo siguiente, que se incorporan en este proyecto.

Con relación a los equipos que se encuentran disponibles en el mercado, existen equipos que cumplen funciones similares de operación tradicional, pero sin ejecutar de manera efectiva todas las operaciones propuestas para el simulador desarrollado.

A continuación, algunos ejemplos de los entrenadores disponibles en el mercado internacional.

Conector de diagnóstico DLC	Simulación de fallas	Interacción sistema TPMS	Panel de instrumentos	Interfaz de red CAN-bus	Sistema de suspensión y dirección	Modelos existentes
			✓		✓	 <p>Fig. 1. Entrenador didáctico de sistema de dirección hidráulica.</p>

Conector de diagnóstico DLC	Simulación de fallas	Interacción sistema TPMS	Panel de instrumentos	Interfaz de red CAN-bus	Sistema de suspensión y dirección	Modelos existentes
			✓		✓	 <p data-bbox="1057 625 1422 737">Fig. 2. Entrenador didáctico de componentes de suspensión y dirección.</p>
✓			✓		✓	 <p data-bbox="1057 1184 1406 1251">Fig. 3. Entrenador didáctico del mercado de China.</p>
✓	✓	✓	✓	✓	✓	 <p data-bbox="1057 1667 1390 1734">Fig. 4. Imagen modelo de entrenador propuesto.</p>



### 2.3. JUSTIFICACIÓN

En la presente situación académica de la búsqueda de la mejora continua, se aprovecha al máximo los recursos asignados en aulas, laboratorios y talleres por lo que cada aporte es significativo. Hoy en día, el uso de las herramientas digitales y virtuales se ha implementado de manera cotidiana, utilizando en la rama automotriz plataformas nuevas, aplicaciones e interfaces que facilitan la comprensión y solución de problemáticas presentadas. Esto conlleva adoptar una cultura que este familiarizada con procesos virtuales-manuales, los cuales requieren conectarse a una red de comunicación de los módulos instalados dentro del vehículo, permitiendo el acceso a una gama de operaciones digitales. Para el caso, el proyecto permitirá la interacción entre el usuario y los sistemas incorporados en el simulador didáctico del sistema de dirección y otros tales como EPS, TPMS, OBDII, CAN bus, sistema de suspensión, etc. Esto permite conectar diferentes escáneres de diagnóstico, osciloscopio interfaces de control CAN bus, etc.

- Sistema de Dirección Asistida Eléctricamente, Electrical Powered Steering (EPS).
- Sistema de Monitoreo de Presión de Llantas, Tire Pressure Monitoring System (TPMS).
- Módulo de Control de Sistemas de Carrocería, Body Control Module (BCM).
- Módulo de Control de Motor, Electronic Control Module (ECM).
- Módulo de Control de Transmisión, Transmission Control Module (TCM).
- Panel de Instrumentos, Instrument Cluster Panel (IPC).
- Otros.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir y programar las herramientas y equipos necesarios para aplicar tecnología en un simulador didáctico de dirección asistida eléctrica EPS, el cual fortalezca la enseñanza aprendizaje en la Escuela de Ingeniería Automotriz y que permita realizar diferentes pruebas de manera lógica con equipos de automatización por parte del usuario.

### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir un simulador didáctico automotriz con características innovadoras de portabilidad manejo y aplicación del trabajo a realizar en las áreas de laboratorio o taller.
- Simular el funcionamiento de los sistemas de comunicación dentro del vehículo, considerando los diferentes factores del entorno automotriz.
- Integrar los diferentes sistemas propuestos que forman parte del simulador didáctico tanto eléctricos, electrónicos y mecánicos.

## 4. HIPÓTESIS

¿La aplicación de tecnología de red multiplexado CAN bus, permitirá realizar diferentes pruebas de accionamiento en un simulador didáctico de sistemas eléctricos y mecánicos del automóvil de la Escuela de Ingeniería Automotriz, unificando el funcionamiento individual de los mismos?

## 5. MARCO TEÓRICO

El proyecto a implementar, tanto en un tablero didáctico (a diseñar desde cero) como en entrenadores de la Escuela de Ingeniería Automotriz, estará en la capacidad de:

- Conexión OBDII, red CAN bus.
- Activación y desactivación del sistema de dirección eléctrica EPS.
- Interpretación del diagrama eléctrico EPS.
- Simulación de fallas de red CAN bus.
- Simulación de régimen de giro del motor (RPM).
- Interacción con sistema de monitoreo de presión de aire de neumáticos (TPMS).
- Calibración de válvulas TPMS y monitoreo .
- Visualización de datos en vivo con la ayuda de escáner.
- Análisis de grafica de comunicación de red CAN con osciloscopio.
- Ajuste de ángulos de rueda, convergencia y divergencia.
- Monitoreo de funcionamiento del sistema a través del panel de instrumentos.
- Elementos de protección y de activación (fusibles, relevadores 12 V 30 Amp).



Fig. 5. Imagen ilustrativa con posibles accesorios del simulador didáctico

## ¿Qué es la topología de red automotriz y para qué sirve?

La topología de red es la interconexión de módulos entre sí. Este tema es importante, ya que, al ver la topología en nuestro escáner, podemos visualizar algún problema que se esté generando y que repercuta en diferentes módulos.

La topología de red se define como el mapa físico o lógico de una red para intercambiar datos. En otras palabras, es la forma en que está diseñada la red, ya sea en el plano físico o lógico. El concepto de red puede definirse como «conjunto de nodos interconectados». Un nodo es el punto en el que una curva se intercepta a sí misma; lo que un nodo es concretamente depende del tipo de red en cuestión.

La red CAN posee una topología tipo bus de dos cables diferenciales denominados CAN High (CANH) y CAN Low (CANL), que interconectan a los nodos en paralelo. Se sugiere la utilización de cables de par trenzado blindados con impedancia característica de 120  $[\Omega]$ .

En metodología de diagnóstico, identificar las topologías de red ha hecho que los diagnósticos sean más precisos, ya que permite determinar en qué parte y en qué módulos se va a trabajar. Sin embargo, no necesariamente es el módulo el que puede estar fallando; puede que algún cable esté dañado, afectando la conexión entre módulos, y ahí es donde se podría encontrar algún cortocircuito.

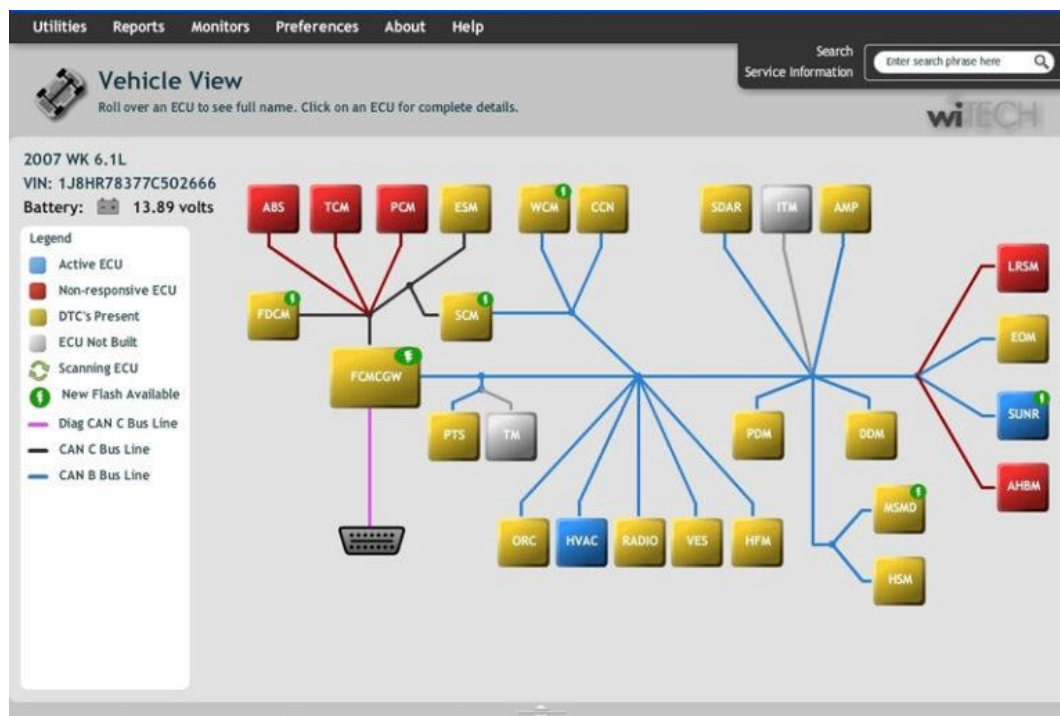


Fig. 6. Ejemplo de mapa topológico de red electrónica de comunicación.

**Bus:** Esta topología permite que todas las estaciones reciban la información que se transmite: una estación transmite y todas las restantes escuchan. Consiste en un cable con un terminador en cada extremo, en el cual se conectan todos los elementos de una red. Todos los nodos de la red están unidos a este cable, que recibe el nombre de «Backbone Cable». El bus es pasivo; no se produce regeneración de las señales en cada nodo. Los nodos en una red de «bus» transmiten la información y esperan que ésta no vaya a chocar con otra información transmitida por otro de los nodos. Si esto ocurre, cada nodo espera una pequeña cantidad de tiempo al azar antes de intentar retransmitir la información.

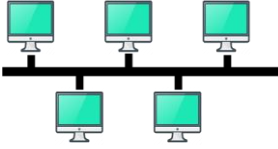
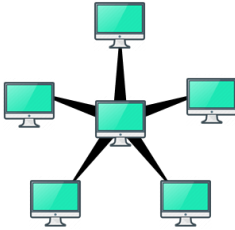
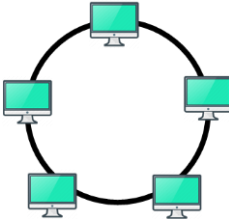
La configuración típica de un vehículo multiplexado consiste en una unidad central a la que se conectan varios buses con unas características acordes con los requisitos de tiempo real de los elementos conectados. Los elementos electrónicos de confort y la carrocería se conectan normalmente a buses de menor velocidad, mientras que los elementos que afectan directamente a la conducción, como los sistemas de tracción, seguridad, así como los de información y comunicaciones, se conectan a buses de alta velocidad debido a los exigentes requisitos de tiempos de respuesta. [1]

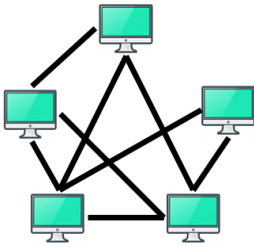

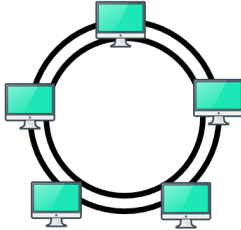
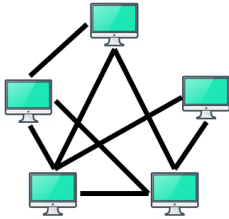
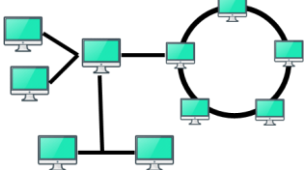
### Tipos de topología de red y sus características

Las topologías de red son estructuras que definen la forma en que los dispositivos de una red se conectan entre sí. Estas topologías establecen cómo se transmiten los datos y la manera en que los dispositivos se comunican en un entorno de red. Comprender las diferentes topologías es fundamental para diseñar, implementar y mantener una red eficiente y confiable. [2]

En este contexto, una topología se refiere a la disposición física y lógica de los dispositivos y los enlaces de comunicación en una red. Cada topología presenta características específicas que determinan la forma en que los datos se envían y reciben entre los dispositivos conectados. Existen varias topologías comunes, cada una con sus propias características, ventajas y desventajas. Algunas de las topologías más conocidas incluyen la topología de bus, estrella, anillo, malla, árbol, doble anillo, mallada y mixta.

Tabla 1. Cuadro de tipos de topología y sus características.

Topología	Características	Ventajas	Desventajas
<p>Bus</p> 	<p>Todos los dispositivos están conectados a un solo cable lineal.</p>	<p>Fácil de implementar y entender.</p> <p>Requiere menos cableado que otras topologías.</p>	<p>Puede haber congestión en el cable principal si muchos dispositivos transmiten al mismo tiempo.</p> <p>Si el cable principal falla, toda la red queda inoperativa.</p>
<p>Estrella</p> 	<p>Todos los dispositivos están conectados a un concentrador central.</p>	<p>Fácil de instalar y mantener.</p> <p>Si un dispositivo falla, no afecta a los demás. Permite agregar o quitar dispositivos sin afectar la red.</p>	<p>Dependencia del concentrador central. Si falla, todos los dispositivos quedan desconectados.</p> <p>Requiere más cableado que la topología de bus.</p>
<p>Anillo</p> 	<p>Los dispositivos están conectados en forma de un anillo cerrado, donde cada dispositivo está conectado a sus vecinos.</p>	<p>Buena utilización del ancho de banda de la red.</p> <p>No hay congestión en un único punto de fallo.</p>	<p>Si un dispositivo o cable falla, puede interrumpir la comunicación en toda la red.</p> <p>Dificultad para agregar o quitar dispositivos sin interrumpir la red.</p>

Topología	Características	Ventajas	Desventajas
<p>Malla</p> 	<p>Cada dispositivo está conectado directamente a todos los demás dispositivos de la red.</p>	<p>Alta tolerancia a fallas. Si un dispositivo o enlace falla, la comunicación puede encontrar rutas alternativas. Buen rendimiento y escalabilidad.</p>	<p>Requiere una gran cantidad de cableado y puertos en los dispositivos. Mayor costo de implementación y mantenimiento.</p>
<p>Árbol</p> 	<p>Los dispositivos están conectados en forma de una estructura jerárquica en forma de árbol.</p>	<p>Escalabilidad y facilidad para agregar o quitar dispositivos. Fácil de entender y administrar. Permite el uso de diferentes tecnologías en cada nivel del árbol.</p>	<p>Dependencia del nodo raíz. Si falla, toda la red queda inoperativa. Costo y complejidad de implementación.</p>
<p>Doble anillo</p> 	<p>Dos anillos se conectan en forma de un enlace entre ellos.</p>	<p>Mayor disponibilidad y tolerancia a fallas. Si un enlace o dispositivo falla, la comunicación puede usar el otro anillo como respaldo. Mayor rendimiento debido a la capacidad de utilizar ambos anillos simultáneamente.</p>	<p>Mayor costo de implementación debido a la duplicación de cables y dispositivos. Dificultad para administrar y configurar el enlace de respaldo.</p>
<p>Mallada</p> 	<p>Combinación de varias topologías de malla.</p>	<p>Alta disponibilidad y tolerancia a fallas. Buen rendimiento y escalabilidad. Permite una mejor distribución del tráfico en la red.</p>	<p>Mayor costo y complejidad de implementación. Mayor cantidad de cableado y puertos en los dispositivos.</p>
<p>Mixta</p> 	<p>Combinación de dos o más topologías diferentes.</p>	<p>Permite aprovechar las ventajas de diferentes topologías según las necesidades de la red. Mayor flexibilidad para adaptarse a cambios y expansiones.</p>	<p>Mayor complejidad de configuración y mantenimiento. Mayor costo de implementación debido a la combinación de topologías.</p>

## Sistema de diagnóstico a bordo

El OBD (On Board Diagnostic) es un sistema de diagnóstico que actualmente poseen coches y camiones. Su función es detectar fallos mecánicos, eléctricos o químicos que produzcan emisiones de gases contaminantes. También permite identificar otras averías presentes en el coche, como en los sensores de oxígeno o en la entrada de aire del motor.

Europa adopta el sistema americano adaptándolo al EOBD. Se establece desde el 2003 que todos los automóviles de combustión interna deben poseer este sistema. Sus actualizaciones más prometedoras son el almacenamiento de las fallas, la aplicabilidad de las normas tanto a vehículos alimentados por gasolina como por combustibles alternativos, y conexiones Bluetooth y Wi-Fi desde la base de datos del automóvil y el sistema central.

Una vez analizado el vehículo, el sistema asigna a cada fallo un código de cinco dígitos que comienza por la letra Y. Los siguientes dígitos aportan información concreta.

El primer dígito puede ser:

- **P:** electrónica de motor y transmisión (Powertrain).
- **B:** carrocería (Body).
- **C:** chasis (Chassis).
- **U:** no definido (Undefined).

El segundo dígito expresa la organización responsable de definir el dígito.

- **0:** SAE código común a todas las marcas.
- **1:** el fabricante del vehículo.

El tercer dígito especifica una función concreta del coche.

- “0” para el sistema electrónico.
- “1y 2” para el control del combustible y el aire.
- “3” para el sistema de encendido.
- “4” para el control de emisión auxiliar.
- “5” para ralentí y velocidad.
- “6” para entradas y salidas.
- “7” para el sistema de transmisión.

Una vez definido el fallo, los dígitos restantes aportan información más concreta. Estos son los cuartos y quintos dígitos que se relacionan, de manera concreta, con el fallo del vehículo. [3]



Fig. 7. Ubicación del conector de enlace de datos DLC (Data link Conector).

### **Dirección Asistida Electrónicamente EPS -Electrical Powered Steering.**

En la actualidad el sistema de dirección constituye uno de los elementos más importantes dentro de un automóvil. Estudios recientes nos permiten indicar que cerca del 45% de vehículos en Sudamérica poseen este tipo control de dirección electrónica, la misma que se empezó a utilizar en vehículos considerados pequeños pero que poco a poco se ha ido integrando a automóviles considerados de gama media y alta.

Una de las características importantes y que llama la atención es que, en estas direcciones se elimina todo el circuito hidráulico. Es decir, la bomba de alta presión, el depósito, la válvula de distribución y los ductos de canalizaciones no existen; todo es sustituido por un motor eléctrico que acciona un mecanismo conocido como “reductora”, compuesto por una corona y un tornillo sinfín, que se encarga de mover la cremallera de la dirección.

El EPS también ofrece una mayor manipulación y un mejor tacto de la dirección, al tiempo que mejora la seguridad del vehículo mediante la adaptación de la torsión de la dirección a la velocidad del vehículo y la provisión de par activo en situaciones críticas.

Algunos de estos sistemas incorporan la función de compensación de jalón y deriva. La tecnología de compensación de jalón y deriva detecta las condiciones del camino, como una superficie inclinada hacia un lado o vientos cruzados, y ajusta el sistema de dirección electrónica para ayudar al conductor a compensar la dirección por los cambios causados por estos factores. Para el conductor, este sistema de compensación es transparente, es decir, no percibe cuando está realizando los ajustes para corregir la dirección debido a los jalones o pérdida de dirección.

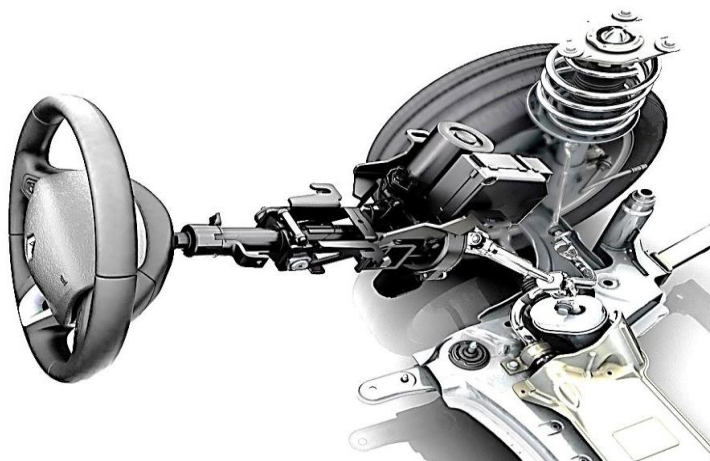


Fig. 8. montaje de un sistema de dirección asistida eléctricamente. EPS.

## Generalidades del sistema de dirección del automóvil

El sistema de dirección asistida hidráulicamente es el más utilizado comúnmente por los fabricantes de automóviles. Este sistema es confiable y simple, pero no libre de defectos. Hay un consumo excesivo de combustible que se genera por la resistencia que aplica la bomba hidráulica acoplada al motor de combustión. Esta bomba está siempre en funcionamiento mientras opera el motor, lo que incrementa el consumo de gasolina. La nueva tecnología que se está utilizando es la dirección asistida eléctricamente: se cambian los componentes hidráulicos por componentes electrónicos, que se accionan solo en los momentos necesarios, reduciendo el consumo de gasolina.

El EPS, o dirección asistida electrónicamente, tiene como componentes principales un sensor de par montado en el eje del volante, un motor eléctrico acoplado al eje de dirección o, en algunos casos, directamente al cuerpo de la caja de engranajes de dirección, y un computador que monitorea el funcionamiento y acciona el motor eléctrico. En el momento en que se gira el volante, el sensor capta el torque del giro o la fuerza aplicada, que es recibida por el computador de la dirección, el cual acciona el motor eléctrico que ayuda a girar el eje de la cremallera de dirección.

### Más complejo de reparar

Como todas estas nuevas tecnologías, aunque son de mucha ayuda para el confort, en el momento de las reparaciones pueden ser un poco más complicadas que los sistemas antiguos. En el caso de esta tecnología, muchas de las reparaciones que tienen que ver con el sistema de dirección deben ser llevadas a cabo con herramientas especiales, como un escáner automotriz de última generación. Esto es necesario para efectos de alineación del volante, diagnóstico y adaptaciones luego de la reparación, así como para restablecer valores después de un servicio que afecte el ángulo direccional cero. Al ser un sistema de última generación, es recomendable llevar un vehículo con una falla del EPS a un servicio técnico autorizado y especializado.

El ahorro de combustible en este sistema puede llegar a 0.2 kilómetros por litro, lo cual es un ahorro significativo. Además, la seguridad se incrementa gracias a la adaptación que realiza el computador en todo momento. Este sistema de dirección, por lo general, está conectado a la red de Unidades de Mando del vehículo, compartiendo información y haciendo al vehículo aún más eficiente. En este tipo de dirección, se suprime todo el circuito hidráulico formado por la bomba de alta presión, el depósito, la válvula distribuidora y los conductos hidráulicos que formaban parte de las servodirecciones hidráulicas. Todo esto se sustituye por un motor eléctrico que acciona una reductora (corona y tornillo sinfín), que a su vez mueve la cremallera de la dirección.



Fig. 9. Ejemplo de asistencia hidráulica.



### **Sus principales ventajas son:**

- Se suprimen los componentes hidráulicos, como la bomba de aceite para servo asistencia, tuberías flexibles, depósitos de aceite y filtros.
- Se elimina el líquido hidráulico.
- Reducción del espacio requerido. Los componentes de asistencia eléctrica van instalados y actúan directamente en la columna de la dirección.
- Menor sonoridad.
- Reducción del consumo energético. A diferencia de la dirección hidráulica, que requiere un caudal volumétrico permanente, la dirección asistida electromecánica solamente consume energía cuando realmente se mueve la dirección. Con esta absorción de potencia en función de las necesidades se reduce también el consumo de combustible (aprox. 0,2 L cada 100 km).
- El conductor obtiene una sensación óptima al volante en cualquier situación, a través de una buena estabilidad rectilínea; una respuesta directa, pero suave al movimiento del volante y sin reacciones desagradables sobre pavimento irregular.
- En algunos casos se evita el uso de una faja de accesorios para la activación de la asistencia hidráulica.

### **Sus inconvenientes son:**

Estar limitado en su aplicación a todos los vehículos (limitación que no tiene el sistema de dirección hidráulica), ya que dependiendo del peso del vehículo y del tamaño de las ruedas, este sistema no es válido su aplicación.

Cuanto mayor es el peso del vehículo, normalmente más grandes son las ruedas, tanto en altura como en anchura, y mayor es el esfuerzo que debe desarrollar el sistema de dirección. Teniendo en cuenta que, en las direcciones eléctricas, toda la fuerza de asistencia la genera un motor eléctrico, cuanto mayor sea la asistencia requerida, mayor tendrá que ser el tamaño del motor, lo que resultará en un mayor consumo de energía eléctrica.

Un excesivo consumo eléctrico por parte del motor eléctrico del sistema de dirección no es factible, ya que la capacidad eléctrica del sistema de carga del vehículo está limitada. Este inconveniente es el que impide que este sistema de dirección se pueda aplicar a todos los vehículos, ya que, por lo demás, todo son ventajas.

### **Primeros pasos de la asistencia eléctrica en los sistemas de dirección del vehículo**

Este tipo de sistema de dirección utiliza un motor eléctrico para asistir a la cremallera de dirección del vehículo. Los sensores integrados en el sistema detectan la posición y el par de torsión de la columna de dirección, y un módulo de control de asistencia determina cuándo aplicar el par de torsión a través del motor, hacia cualquiera de los dispositivos de mando o de la columna de dirección.

Esto permite que varíe la asistencia que debe aplicarse según las condiciones de conducción. Los ingenieros pueden, por lo tanto, adaptar la respuesta de las unidades de control de los sistemas de suspensión de tipo variable y de amortiguación para optimizar la conducción, de manejo y la dirección de cada vehículo.

En algunos sistemas (automóviles del grupo Fiat), el aporte de la asistencia se puede regular mediante dos o hasta tres formas de funcionamiento (sport, city, normal), lo que permite cambiar entre dos curvas de asistencia diferentes. Por otro lado, la mayoría de los otros sistemas de EPS tienen asistencia variable o integran otro tipo de tecnología, como el sistema de compensación de jalón y deriva.



Fig. 10. Modelo de EPS del grupo Fiat

### Descripción del sistema de dirección eléctrica EPS

Es un sistema sencillo, ya que, a diferencia del sistema de dirección hidráulica y mecánica, elimina algunos elementos para la reducción de peso y disponer de más espacio físico en el compartimiento de motor, además de reducir las cargas al motor. En el gráfico podemos observar las partes constitutivas de este sistema.

Cualquier movimiento de giro del volante del conductor es captado por los sensores ubicados en el dispositivo: sensor de ángulo y sensor de torque. Estos sensores informan al Módulo de Control Electrónico (ECM) sobre la intensidad del giro accionado y detectado: ángulo y velocidad instantáneos del giro del volante. En función de los parámetros programados en la ECM del sistema relativos al ángulo y velocidad de giro de dirección, la velocidad de marcha del automóvil y el régimen del motor de combustión, la ECM calcula instantáneamente el par de asistencia necesario en cada momento, accionando el motor eléctrico.

La asistencia eléctrica de la dirección se realiza mediante un engrane adicional (piñón de accionamiento) que actúa en paralelo con el engrane principal (piñón de dirección) sobre la cremallera.

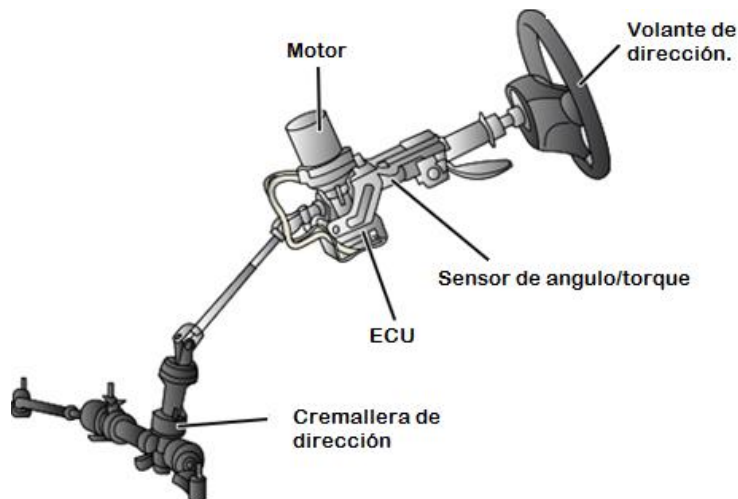


Fig. 11. Ubicación de componentes eléctricos y mecánicos.

## Tipos de sistemas de dirección eléctrica

Atendiendo al lugar donde se aplica la asistencia, las direcciones eléctricas se dividen:

**Column drive:** aplica la asistencia en la columna de dirección.

**Pinion drive:** aplica la asistencia en el piñón de la dirección.

**Rack drive:** aplica la asistencia en la cremallera de la dirección.



Fig. 12. Tipos de dirección eléctrica.

### Tipo Column-Drive EPS Columna De Dirección Asistida Eléctricamente (EPS)

- La unidad de asistencia (motor eléctrico), el controlador electrónico y sensor de par están unidos a la columna de dirección.
- Este sistema es compacto y de fácil montaje en el vehículo.
- Este sistema se puede aplicar a las columnas de dirección fija, columnas de dirección de tipo de inclinación (regulación) y otros tipos de columna.



Fig. 13. Montaje de motor eléctrico en la columna de dirección.

### Pinion-Drive EPS Eje Piñón De Dirección Asistido Eléctricamente (EPS)

- El motor de asistencia se une al eje del piñón del aparato de gobierno.
- La unidad de asistencia de potencia (motor eléctrico) se encuentra fuera del compartimiento de pasajeros del vehículo, lo que permite que el par de asistencia sea aumentado en gran medida sin aumentar el ruido interior.
- En combinación con un engranaje de dirección de relación variable, este sistema puede ser suficiente con un motor compacto y ofrecer características de manipulación superiores.

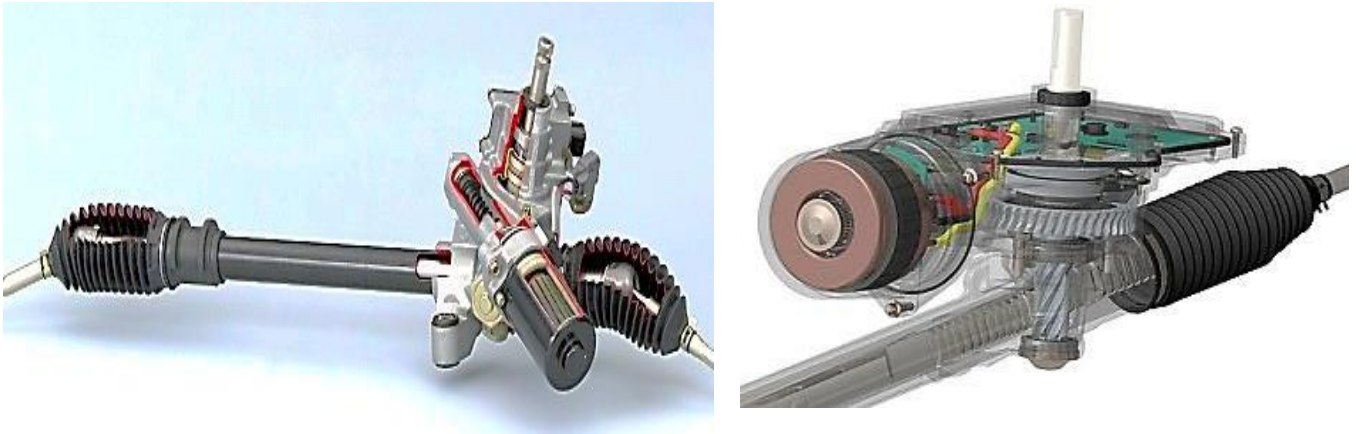


Fig. 14. Montaje de motor eléctrico entre la columna de dirección y la cremallera.

### Rack-Drive EPS Cremallera De Dirección Asistida Eléctricamente (EPS) Conocida también por Doble Eje y tornillo sin fin

- La unidad de asistencia (motor eléctrico) está unido al bastidor del aparato de gobierno.
- El actuador de asistencia eléctrica se puede situar libremente en el bastidor, lo que permite una gran flexibilidad en el diseño de la disposición.
- El poder de la relación de transmisión de alta reducción de la unidad de asistencia permite a muy baja inercia y la sensación de conducción superior.

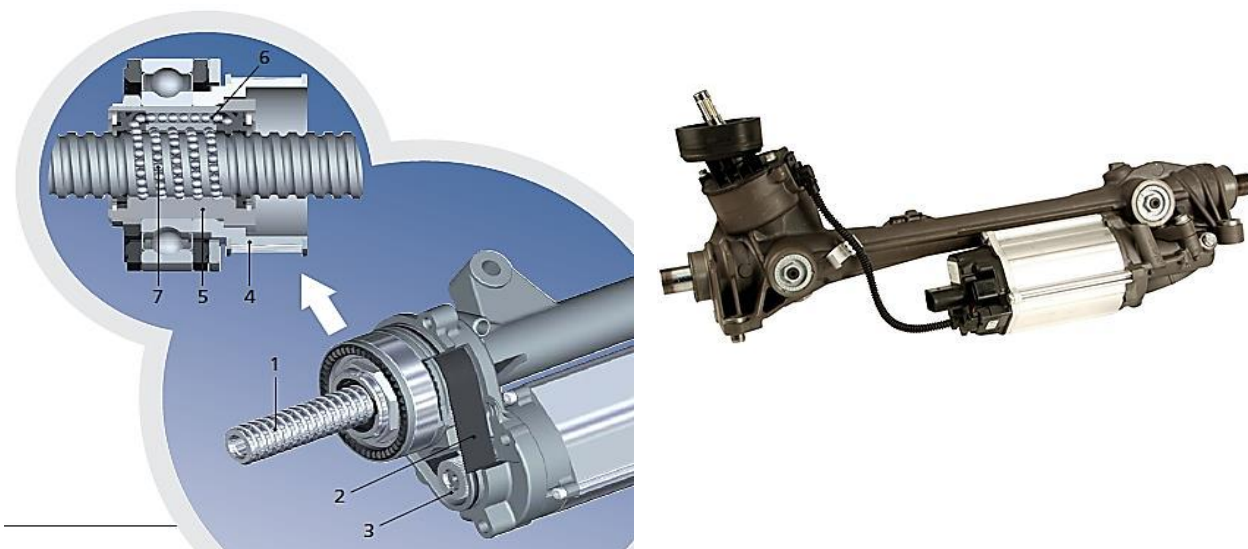


Fig. 15. Montaje de motor eléctrico en la cremallera de dirección.

## Componentes básicos del sistema EPS



Fig. 16. Ejemplo de componentes básicos del sistema EPS.

**Sensor de ángulo de la dirección:** El sensor de ángulo de dirección va situado detrás, o en algunos casos incorporado en el Clock Spring, y suministra la señal para la determinación del ángulo de dirección, destinándola a la unidad de control electrónica de la columna de dirección a través del CAN-Bus de datos. En la unidad de control electrónica de la columna de dirección se encuentra el analizador electrónico para estas señales.



Fig. 17. Ubicación del sensor de ángulo de dirección.

El sensor de ángulo de dirección puede detectar 1044° de ángulo (casi 3 vueltas de volante). Se dedica a sumar los grados angulares. De esa forma, al sobrepasar la marca de los 360° reconoce que se ha ejecutado una vuelta completa del volante. La configuración específica (relación de engranajes) de la cremallera de dirección permite dar 2,76 vueltas al volante de la dirección.

### Indicador de fallas en el sistema EPS

**Efectos en caso de avería:** Si se avería el sensor se pone en vigor un programa de emergencia. La señal faltante se sustituye por un valor suplementario determinado. La asistencia para la dirección se conserva plenamente,

la avería se indica encendiéndose el testigo de averías del cuadro de instrumentos. Se muestra el indicador si la dirección asistida eléctrica tiene un funcionamiento incorrecto. Si se muestra el mensaje, pare el vehículo en un lugar seguro y no use el volante. No hay problema si después de un tiempo se deja de mostrar el mensaje. Consulte a un técnico experto, le recomendamos un técnico autorizado si el mensaje se muestra continuamente o está destellando continuamente.



Fig. 18. Ejemplo de indicador de fallas.

**Sensor de torque/par:** Va ubicado en la carcasa del mecanismo de la dirección casi siempre entre el piñón de dirección y la cremallera. El par de mando a la dirección se mide con ayuda del sensor de torque de dirección directamente en el piñón de dirección. El sensor trabaja según el principio magneto resistivo.

Está configurado de forma doble (redundante), para establecer el mayor nivel de fiabilidad posible.



Fig. 19. Ubicación del sensor de torque.

Para el análisis de los pares de fuerza se emplean dos polos respectivamente. La contra pieza es un elemento sensor magneto resistivo, que va fijado a la pieza de conexión hacia la caja de la dirección. Al ser movido el volante se desfasan ambas piezas de conexión entre sí en función del par que interviene.

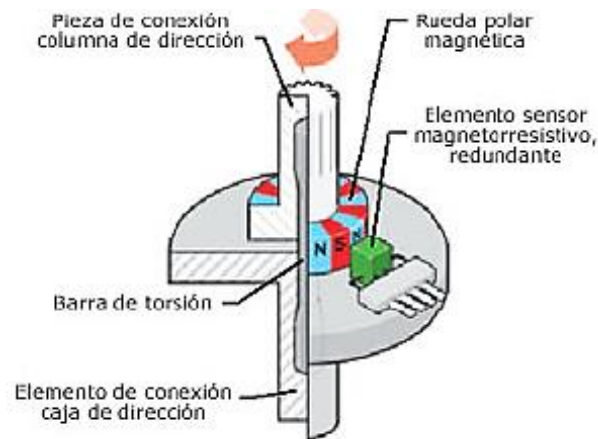


Fig. 20. Esquema de un sensor de par.

En virtud de que con ello también se desfasa la rueda polar magnética con respecto al elemento sensor, resulta posible medir el par aplicado a la dirección de esa forma, y se lo puede transmitir a la unidad de control en forma de señal.

**Motor eléctrico:** el motor eléctrico es una versión de motor asíncrono sin escobillas. Desarrolla un par máximo en el eje de salida del motor eléctrico de 4,1 Nm (3.024 lb / pie) para asistencia a la dirección, amplificando el torque de giro en el engranaje de la columna de dirección. Dependiendo de la relación, puede amplificar hasta 15 Nm el torque de giro, según el fabricante.

Los motores asíncronos no poseen campo magnético permanente ni excitación eléctrica. La característica que les da el nombre reside en una diferencia entre la frecuencia de la tensión aplicada y la frecuencia de giro del motor. Estas dos frecuencias no son iguales, lo que da lugar a un fenómeno de asincronía.

Los motores asíncronos son de construcción sencilla (sin escobillas), lo cual los hace muy fiables en su funcionamiento. Tienen una respuesta muy breve, con lo cual resultan adecuados para movimientos muy rápidos de la dirección.

El motor eléctrico va integrado en una carcasa de aluminio. A través de un engranaje sin fin y un piñón de accionamiento, ataca la cremallera y transmite así la fuerza de asistencia para la dirección. En el extremo del eje, por el lado de control, va instalado un imán, al cual recurre la unidad de control para detectar el régimen del rotor. La unidad de control utiliza esta señal para determinar la velocidad de mando de la dirección

En cuanto al mando de potencia del motor eléctrico, está constituido por un tren de impulsos (puente en H para un motor de corriente continua), denominado también modulación de amplitud PWM -Pulse Width Modulation- (Modulación de ancho de pulso).



Fig. 21. Motor eléctrico.

**Unidad de control:** Puede ir de forma externa al conjunto de la columna de dirección o en la mayoría de los casos, dependiendo el fabricante, va fijada directamente al motor eléctrico sin cables, y calcula en todo momento la intensidad adecuada de accionamiento del motor eléctrico.

La unidad de control para dirección asistida del tipo integral va fijada directamente al motor eléctrico, con lo cual se suprime un cableado complejo hacia los componentes de la dirección asistida.

La unidad de control calcula las necesidades momentáneas de asistencia para la dirección. Calcula la intensidad de corriente excitadora y excita correspondientemente el motor eléctrico.

La unidad de control tiene integrado un sensor térmico para detectar la temperatura del sistema de dirección. Si la temperatura asciende por encima de los 100 °C, se reduce de forma continua la asistencia para la

dirección. Si la asistencia a la dirección cae por debajo de un valor de 60%, el testigo luminoso para dirección asistida se enciende en amarillo y se inscribe una avería en la memoria.

Los elementos electrónicos centrales de los sistemas de dirección asistida de hoy en día son ECUs con una capacidad avanzada de comunicación entre 16 a 32 bits, diseñados para aplicaciones críticas para la seguridad automotriz. Existen procesadores de doble núcleo que proporcionan una mayor capacidad de comunicación con los periféricos especializados para las funciones complejas de control de motores eléctricos.

Las soluciones de la fuente de alimentación integrada también son elementos importantes de una unidad de control de la dirección asistida. Ofrecen una alta conectividad con buses de comunicación, como la Red CAN y LIN. Se utilizan controladores integrados de corriente MOSFET para las etapas de control del motor eléctrico y pre-controladores integrados que se utilizan normalmente para conectar con el MCU directamente o a través de módulo SPI.



Fig. 22. Módulo de control de EPS.

## DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN EPS

Es importante tener presente que en un sistema electrónico pueden aparecer fallas visibles, así como fallas invisibles, como puntos de soldadura defectuosos en el circuito, o sobrecargas que puedan haber quemado pistas o líneas de corriente. Incluso la humedad puede causar problemas eléctricos en el motor de asistencia o en el sensor de par, por lo cual es fundamental tener la herramienta adecuada para la determinación de la falla. Además, se recomienda tener las siguientes precauciones al momento de realizar el diagnóstico.

- ✓ No golpear las partes electrónicas, si se caen o se golpean, sustituir las por otras nuevas.
- ✓ Evitar el calor y la humedad de las partes electrónicas.
- ✓ No tocar el terminal de conexión para evitar deformaciones y electricidad estática.
- ✓ No golpear las partes del motor y el sensor de par, si se caen o golpean, sustituir las por otras nuevas.

Cuando en el vehículo se escucha un ruido anómalo cerca del volante y el EPS funciona incorrectamente, primero se debe comprobar las otras posibles causas. Antes de llevar a cabo el procedimiento de detección de la falla, primero se debe comprobar el DTC (Data Trouble Code) con equipo de diagnóstico (Scanner) o GDS (Sistema de Diagnóstico Global).

A continuación, se muestra un cuadro de las fallas más comunes del sistema EPS de la marca Nissan de acuerdo al síntoma o condición así será la posible causa y solución a la misma:



Tabla 2. Diagnóstico de fallas, sistema de dirección EPS

SÍNTOMA/CONDICIÓN	CAUSAS POSIBLES	SOLUCIÓN
<p><b>Ruido de roce</b></p> <p>- Cuando se gira el volante con el vehículo a poca velocidad, se produce un ruido de roce procedente de la columna de dirección y de la unidad ECU, o una diferencia de esfuerzo entre el giro a la derecha y el giro a la izquierda.</p>	<p>▶ Desgaste anormal del cepillo dentro del sensor de par de tipo contacto.</p>	<p>Sustituya la columna de dirección y la unidad ECU según el procedimiento de mantenimiento en este TSB.</p>
<p><b>Ruido de fricción</b></p> <p>- Ruido de fricción o interferencia con otras piezas.</p>	<p>▶ Casquillos de goma de las fijaciones inferiores desgastados o rotos.</p> <p>▶ Interferencia entre el volante de dirección y las piezas cercanas al ESP (interruptor multifunción, control de oscilación del volante, cubierta de refuerzo, módulo del airbag, etc.)</p> <p>▶ Interferencia entre la cubierta de polvo de la junta universal y el componente del chasis, etc.</p>	<p>En este caso, no es necesario sustituir el EPS.</p>
<p><b>Ruido de traqueteo</b></p>	<p>▶ Cuando se produzca un traqueteo, primero inspeccione las piezas cercanas al EPS.</p> <p>- Instalación de los pernos de montaje de los componentes inferiores de la carrocería, como la caja de engranaje o el amortiguador.</p> <p>- Instalación de los pernos de montaje de las piezas cercanas.</p>	<p>Tras verificar la causa, repare el problema según lo indicado en el manual del taller.</p>

SÍNTOMA/CONDICIÓN	CAUSAS POSIBLES	SOLUCIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Ruido de traqueteo desde el EPS.</li> <li>- Ruido producido por la holgura anómala entre el engranaje helicoidal y el eje de transmisión helicoidal.</li> <li>- Ruido producido por la holgura entre acoplador del amortiguador y la estría del motor.</li> </ul>	Sustituya la columna de dirección y la unidad ECU según el Procedimiento de mantenimiento en este TSB.
<b>Sonido de funcionamiento del motor EPS</b>	▶ El sonido de funcionamiento del motor EPS es normal al girar el volante.	En este caso, no es necesario sustituir el EPS.
<b>Gran esfuerzo en la dirección</b>	▶ Al girar en exceso el volante, la temperatura del motor EPS simplemente puede aumentar debido al funcionamiento excesivo del motor EPS. En este momento, se detecta el DTC 1630 y el motor EPS se ve limitado para impedir que se dañe (esto significa que la dirección necesita un gran esfuerzo).	En este caso, no sustituya ninguna pieza. Borre el DTC C1630 y espere entre 30-40 minutos hasta que la temperatura del motor EPS disminuya hasta que sea normal.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ En caso de darse otros problemas, inspeccione primero el sistema eléctrico.</li> <li>▶ Cortocircuitos, circuitos abiertos y la instalación de los conectores vinculados al motor, al sensor del par y al suministro de potencia.</li> <li>▶ Bajo voltaje de batería.</li> </ul>	Tras verificar la causa, repare el problema.

## 5.1. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO

### Sistema de dirección en reposo

Para simplificar la explicación se muestra en la figura una columna de dirección con el elemento superior separado del inferior. En la parte superior se monta el sensor de torque o par de dirección, en la parte inferior se monta el sensor de posición o ángulo de la dirección.

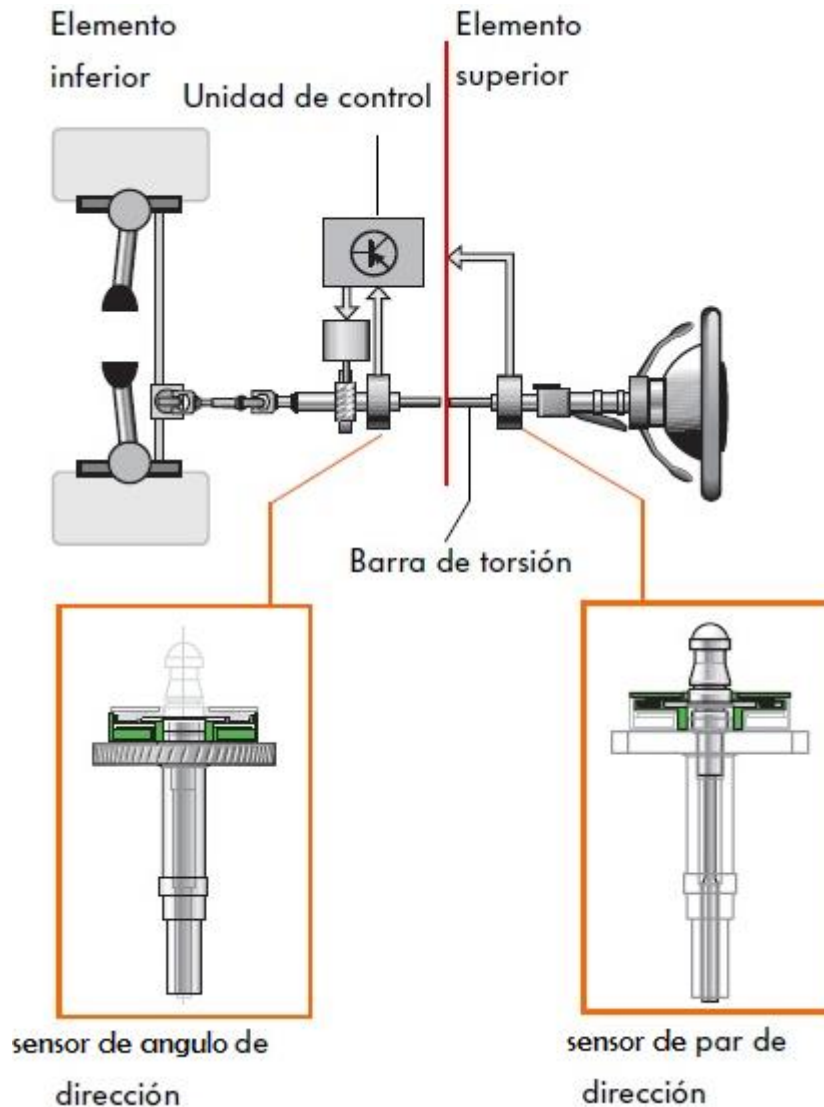


Fig. 23. Esquema de funcionamiento de elementos mecánicos y eléctricos.

### Sistema de dirección en movimiento.

El conductor empieza a mover la dirección. Durante esa operación, se produce un movimiento en la barra de torsión. El sensor de torque o par de dirección, que gira solidariamente con la barra de torsión, suministra a la unidad de control las señales acerca de la magnitud y el sentido de giro del par aplicado al volante.

Con ayuda de estas señales, la unidad de control calcula el par de asistencia necesario y excita correspondientemente el motor eléctrico. La suma del par aplicado al volante y el par de asistencia da como resultado el par efectivo que actúa en la cremallera de dirección.

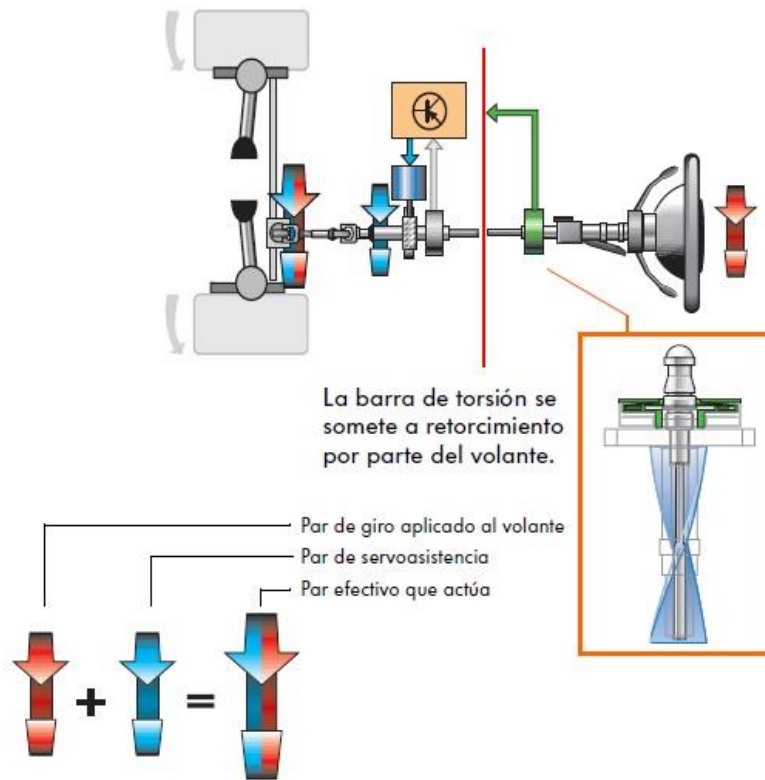


Fig. 24. Esquema de funcionamiento con asistencia eléctrica.

Si el conductor aumenta el par aplicado al volante, se intensifica el par de asistencia suministrado por el motor. Esto permite un giro suave para el mando de la caja de dirección.

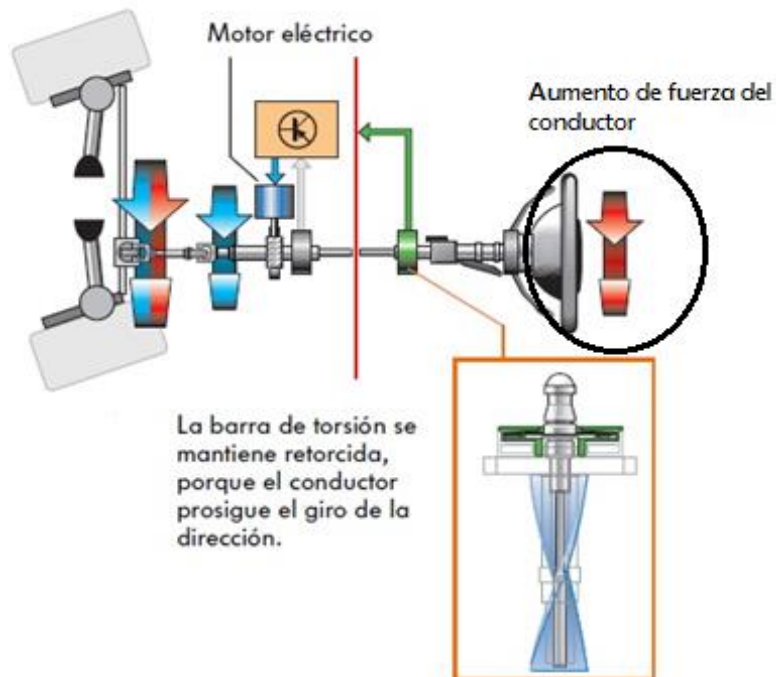


Fig. 25. Aumento de fuerza y asistencia eléctrica.

Si el conductor **reduce** el par aplicado al volante, se reduce a su vez la torcedura de la barra. El sensor de torque o par de dirección suministra entonces una señal menos intensa a la unidad de control, que corrige la activación del motor eléctrico, la unidad de control reduce el par de asistencia.

Debido a la geometría de los ejes, las ruedas y la dirección retro giran a la posición de reposo.

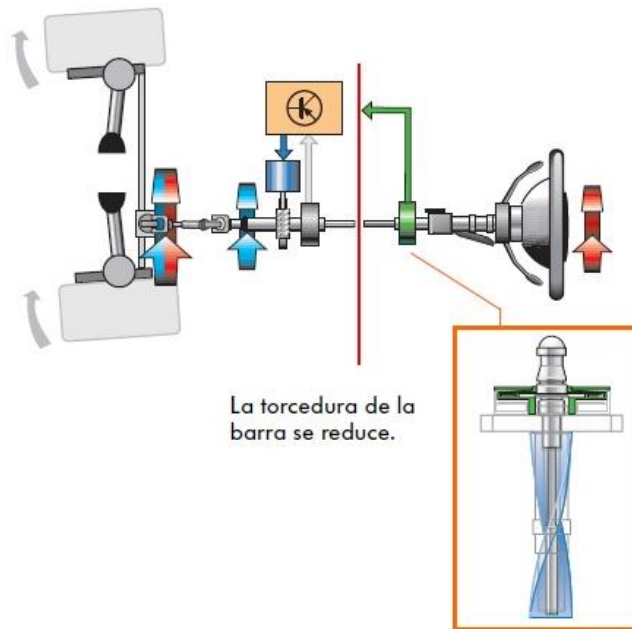


Fig. 26. Reducción de fuerza en el volante.

### Retrogiro activo

Si el conductor **suelta** el volante en una curva, la barra de torsión se destensa. La electrónica o módulo de control se encarga de desactivar al mismo el motor eléctrico, con lo cual se interrumpe el par de asistencia.

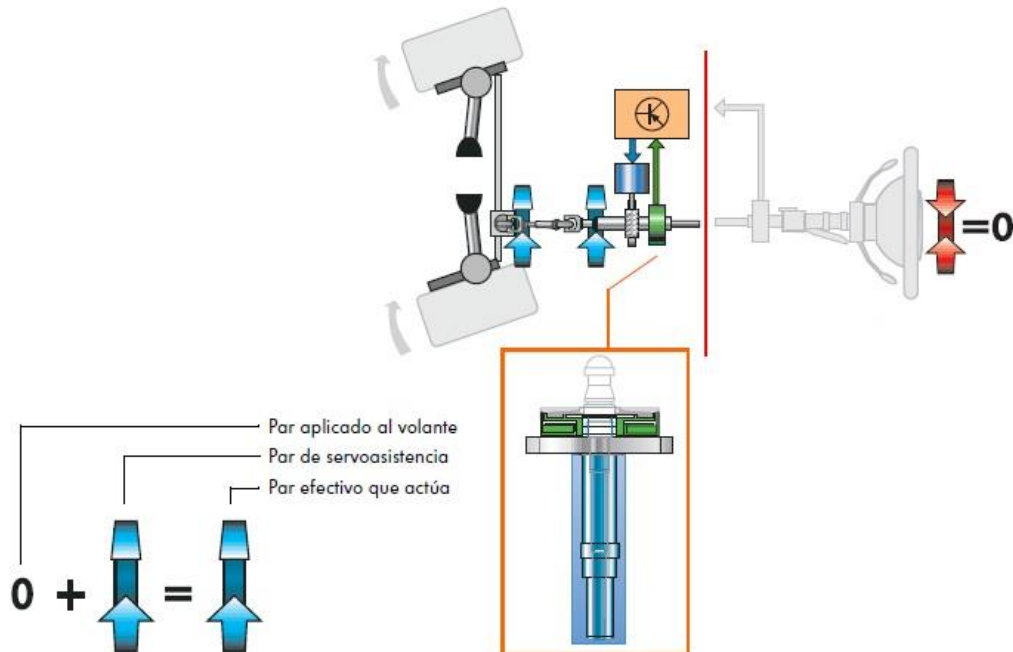


Fig. 27. Función de retro giro activo.

## 6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Para guiar todo el proceso de ejecución del proyecto, se diseñó una matriz metodológica para la obtención de resultados, en base a la hipótesis y objetivos planteados, además del registro de actividades de acuerdo al tiempo asignado para el desarrollo del mismo.

Los diagramas eléctricos utilizados muestran características comunes de algunas marcas, modelos y años de vehículos seleccionados para la implementación en la investigación. Esto, con el fin de obtener un producto final que cumpla con las exigencias de los escenarios propuestos y que también sea capaz de realizar las pruebas de activación y desactivación de manera inalámbrica, tanto en diferentes elementos sueltos entrenadores didácticos, como a futuro en vehículos de entrenamiento con los que cuenta la Escuela de Ingeniería Automotriz de ITCA-FEPADE.

**Matriz Operacional de la Metodología**

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS ESPERADOS	MATERIALES
Diseñar y construir un simulador didáctico automotriz con características innovadoras de portabilidad manejo y aplicación del trabajo a realizar en las áreas de laboratorio o taller.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Selección de materiales metálicos adecuados para la implementación del proyecto.</li> <li>-Análisis de diagramas eléctricos compatibles con la tecnología a implementar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Un banco didáctico con su estructura metálica que cumpla con los estándares de portabilidad y manejo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Información técnica del fabricante.</li> <li>-Software Mitchell Ondemand.</li> <li>-Manuales técnicos de servicio automotriz.</li> </ul>
Simular el funcionamiento de los sistemas de comunicación dentro del vehículo, considerando los diferentes factores del entorno automotriz.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Búsqueda de información sobre el funcionamiento de la tecnología EPS.</li> <li>-Búsqueda de información sobre redes multiplexadas.</li> <li>-Búsqueda de información sobre los sistemas eléctricos seleccionados para controlar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Insumos teóricos para la elaboración del documento de informe final.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Acceso a internet.</li> <li>-Software Mitchell OnDemand.</li> </ul>
Integrar los diferentes sistemas propuestos que forman parte del simulador didáctico tanto eléctricos, electrónicos y mecánicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diseño de circuito de control electrónico.</li> <li>-Conexión del circuito de interfaz para pruebas preliminares de funcionamiento.</li> <li>-Monitoreo de comportamiento de circuito.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Un simulador montado en una estructura metálica adecuada para las exigencias de trabajo.</li> <li>-Sistema interconectados en comunicación CAN bus.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fusilera principal.</li> <li>-Fusilera secundaria.</li> <li>-Interruptor principal.</li> <li>-Voltímetro digital.</li> </ul>

## 7. RESULTADOS

A continuación, se presentan logros significativos de la investigación, entre los cuales destacan el diseño y construcción de la estructura metálica, así como la interacción de los diferentes módulos de control del sistema electrónico de un Nissan Sentra 2008. También se destaca los siguientes resultados:

- Simulación de giro del motor de combustión, gracias a la implementación de un circuito variador de velocidad en un motor eléctrico a 12 voltios, que cuenta con un engrane reductor de 32 dientes.
- Implementación de la CAN box test, equipo que sirve para determinar protocolos de comunicación y pruebas directas a la red CAN bus del simulador didáctico.
- Control de simulador de fallas, que cuenta con 5 fallas determinantes en el sistema de red CAN bus y sistema de dirección eléctrica EPS.

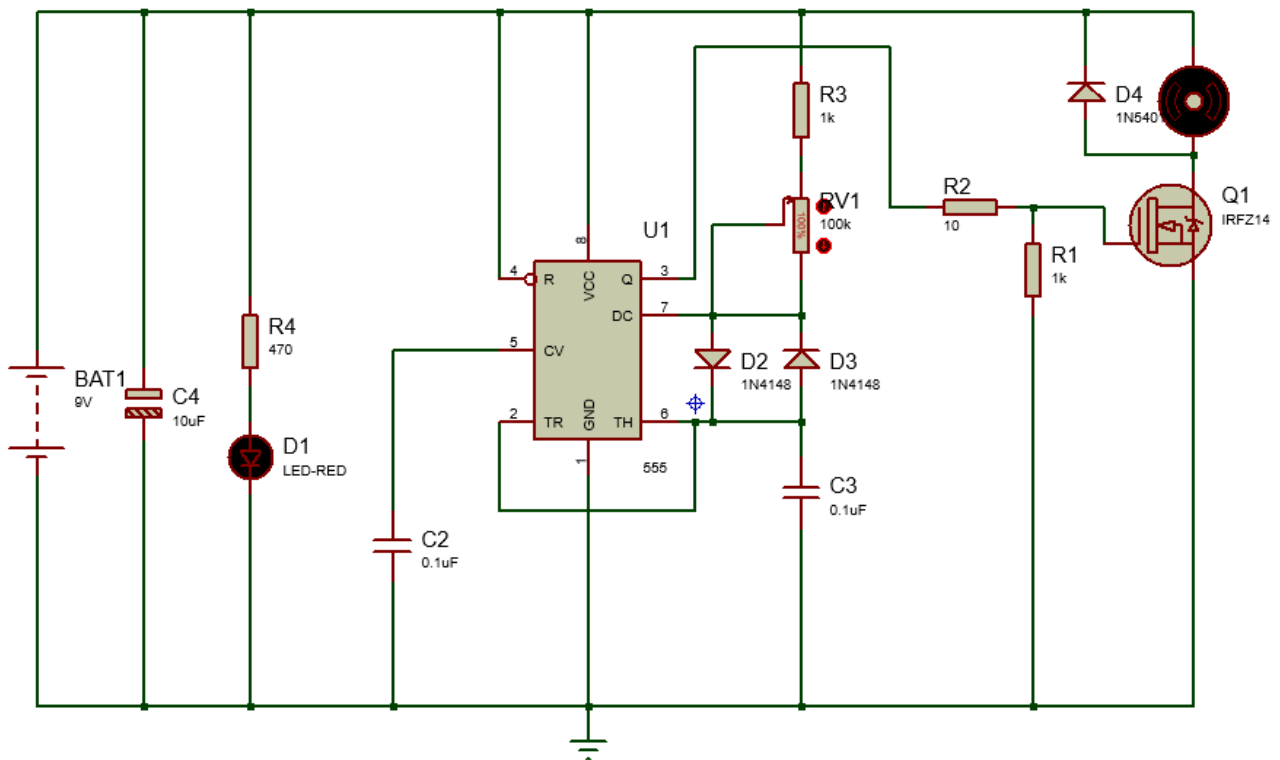


Fig. 28. Esquema de control de variador de velocidad motor DC.

A continuación, se muestran circuitos eléctricos que interactúan entre sí para el funcionamiento del simulador:

- Electrical Powered Steering.
- Engine control module.
- Computer Data Lines.

## Electrical Powered Steering

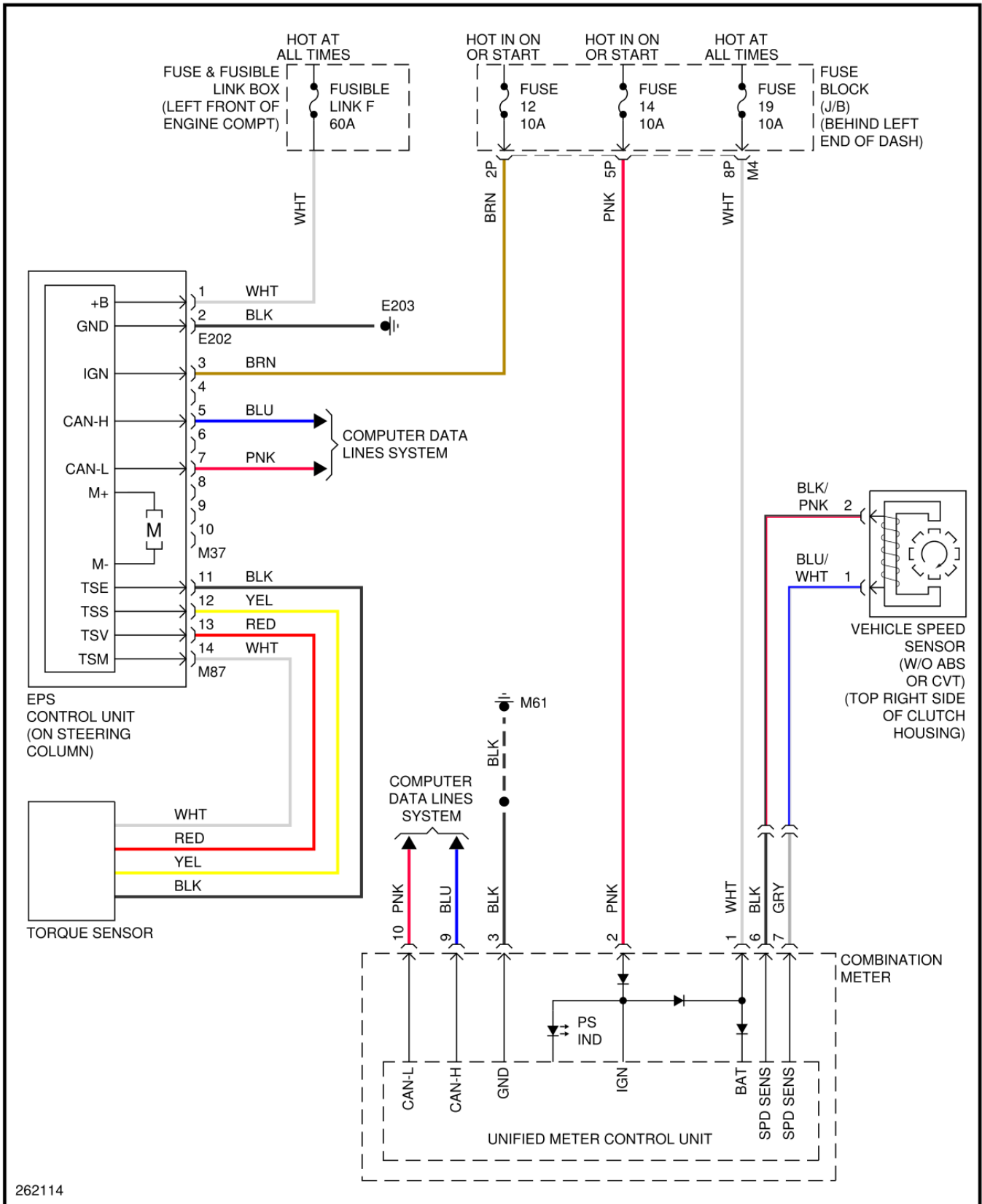
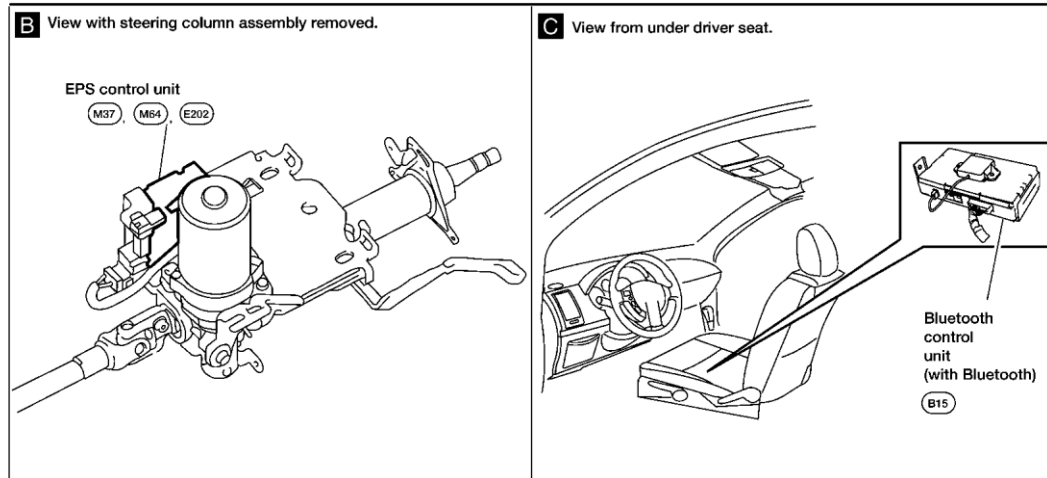


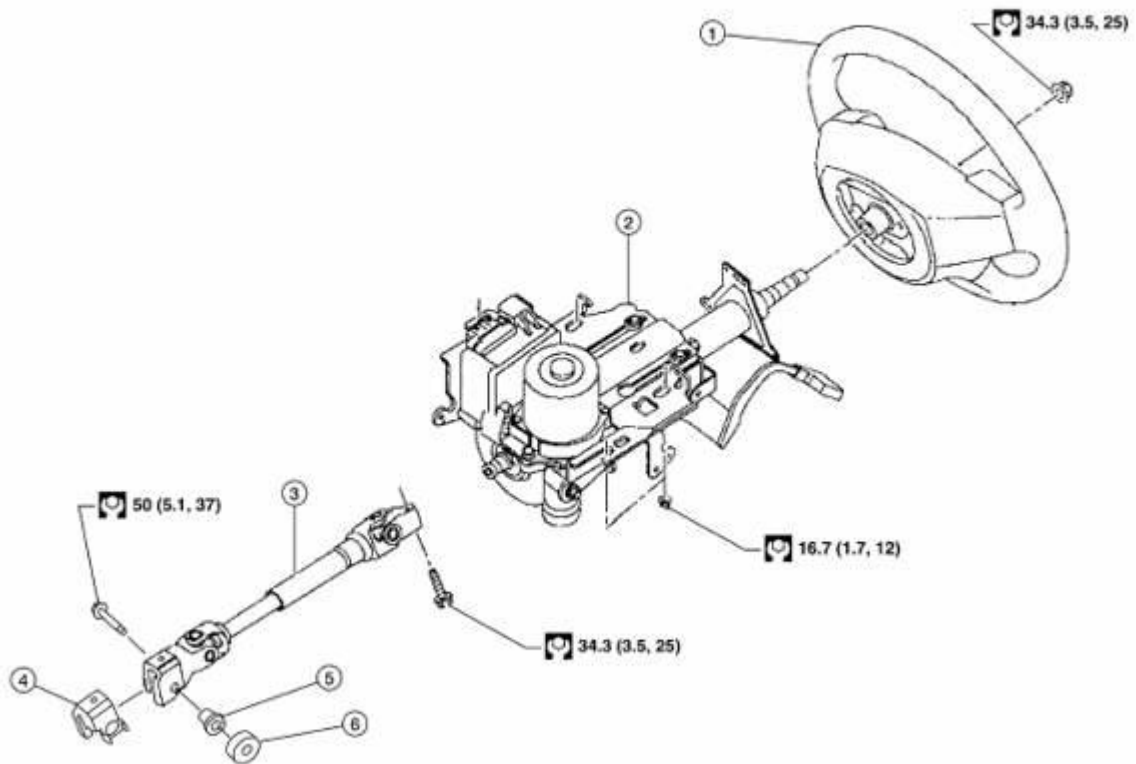
Fig. 29. Esquema de control de sistema de dirección asistida eléctricamente.



## Components Location EPS



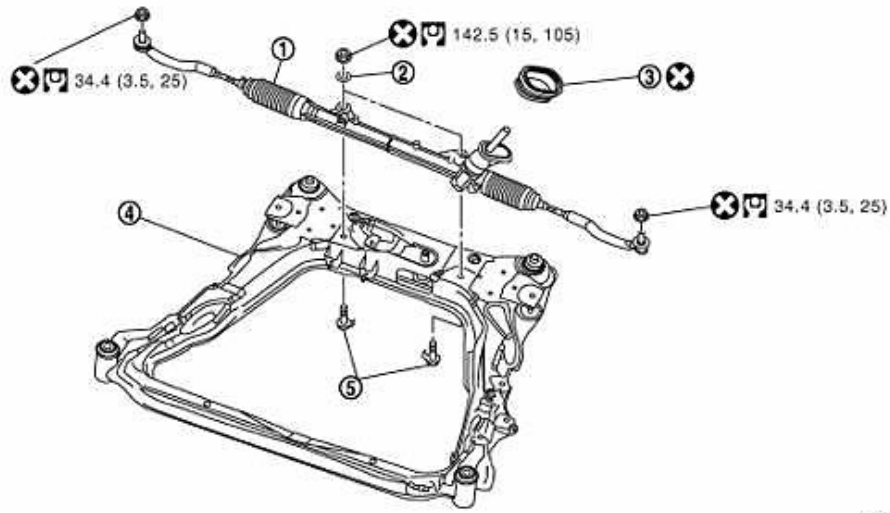
Symbol	Description
	N·m (kg·m, ft·lb)
	N·m (kg·m, in·lb)
	Always replace after disassembly.



W01A0190E

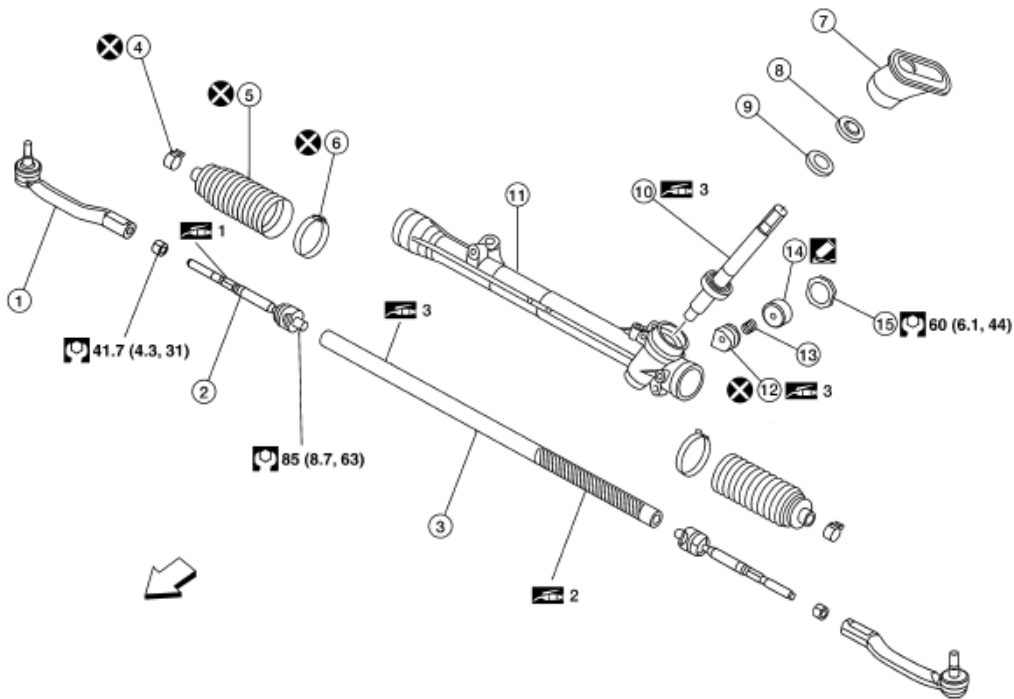
Fig. 30. Ubicación e identificación de componentes del sistema de dirección asistida eléctricamente.

Symbol	Description
	N-m (kg-m, ft-lb)
	N-m (kg-m, in-lb)
	Always replace after disassembly.



90JA1673E

- |                            |                                |                   |
|----------------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1. Steering gear assembly  | 2. Washer                      | 3. Fire wall seal |
| 4. Front suspension member | 5. Steering gear mounting bolt |                   |



W3IA0188E

- |                                |                           |                                |
|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 1. Outer socket                | 2. Inner socket           | 3. Rack assembly               |
| 4. Boot clamp (small diameter) | 5. Boot                   | 6. Boot clamp (large diameter) |
| 7. Joint cover                 | 8. Pinion seal            | 9. Snap ring                   |
| 10. Pinion assembly            | 11. Gear housing assembly | 12. Retainer                   |
| 13. Spring                     | 14. Adjusting screw       | 15. Lock nut                   |
- ← : Front

Fig. 31. Despiece de componentes de puente inferior y cremallera.

## Data Link Conector DLC (Computer Data Line Diagram)

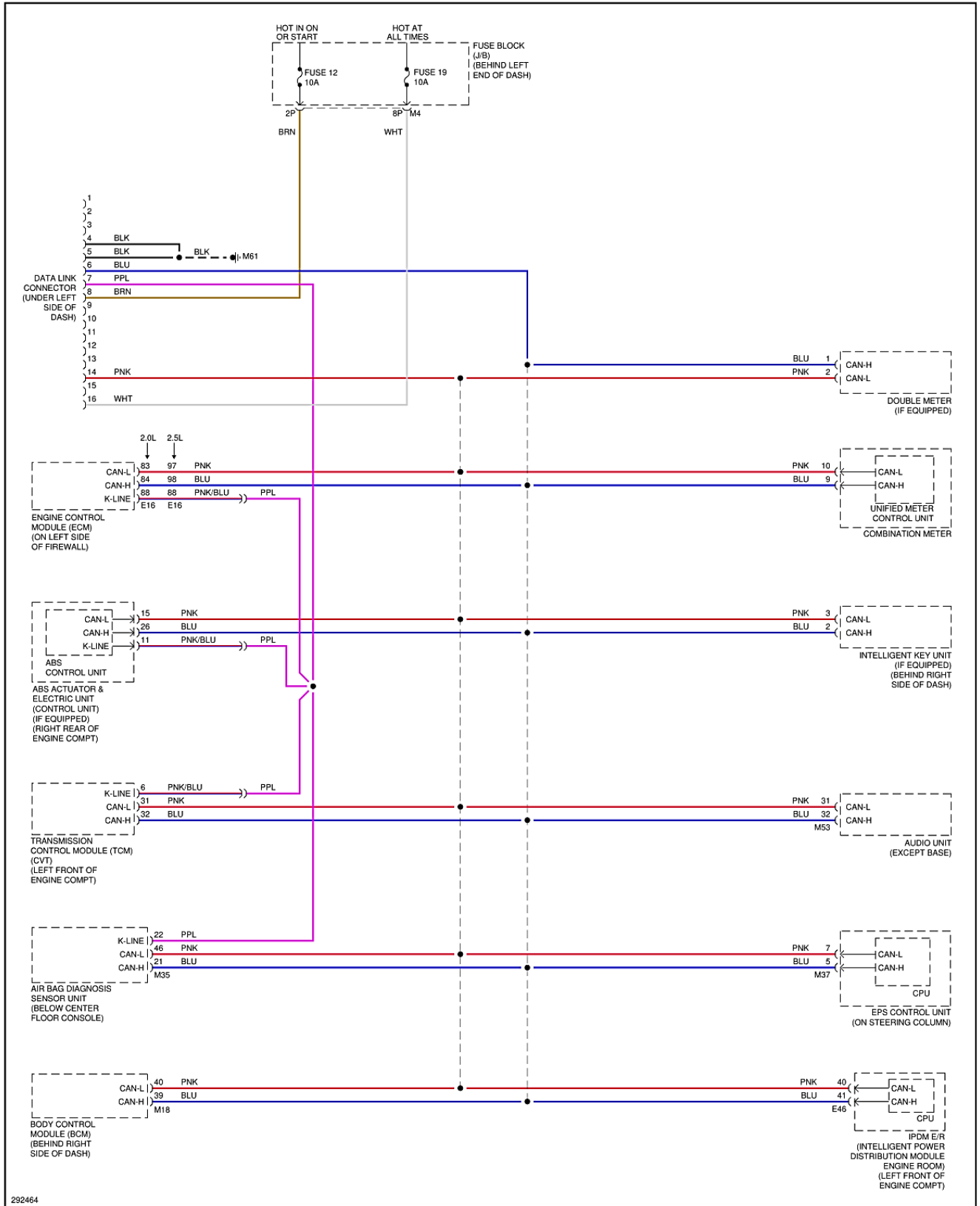


Fig. 32. Esquema de conexión de módulos de control red CAN-bus.

# Engine performance 1-5 Nissan Sentra 2008

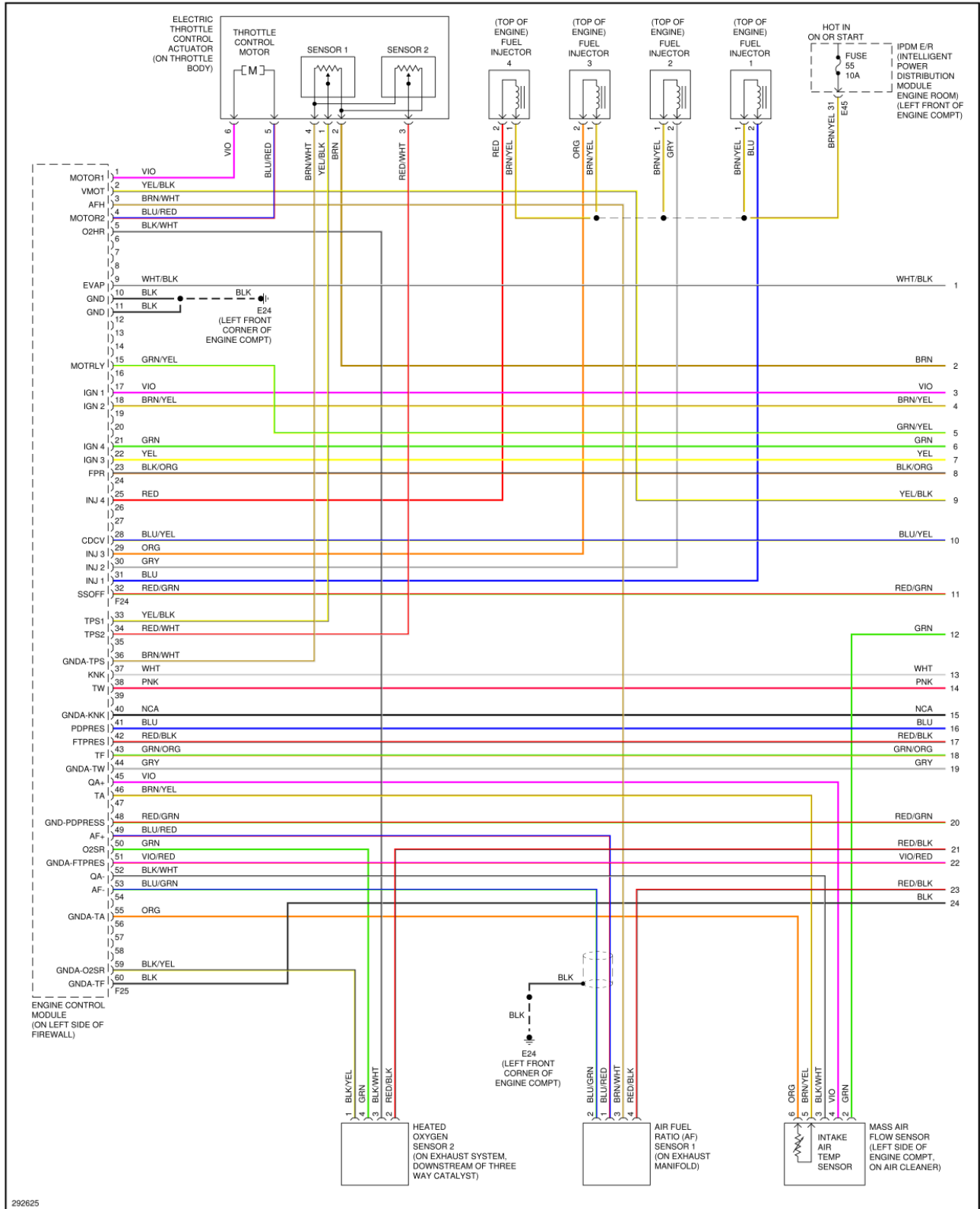


Fig. 33. Esquema de conexión de los elementos en el sistema de motor Nissan Sentra 2008 - Parte 1.

## Engine performance 2-5 Nissan Sentra 2008

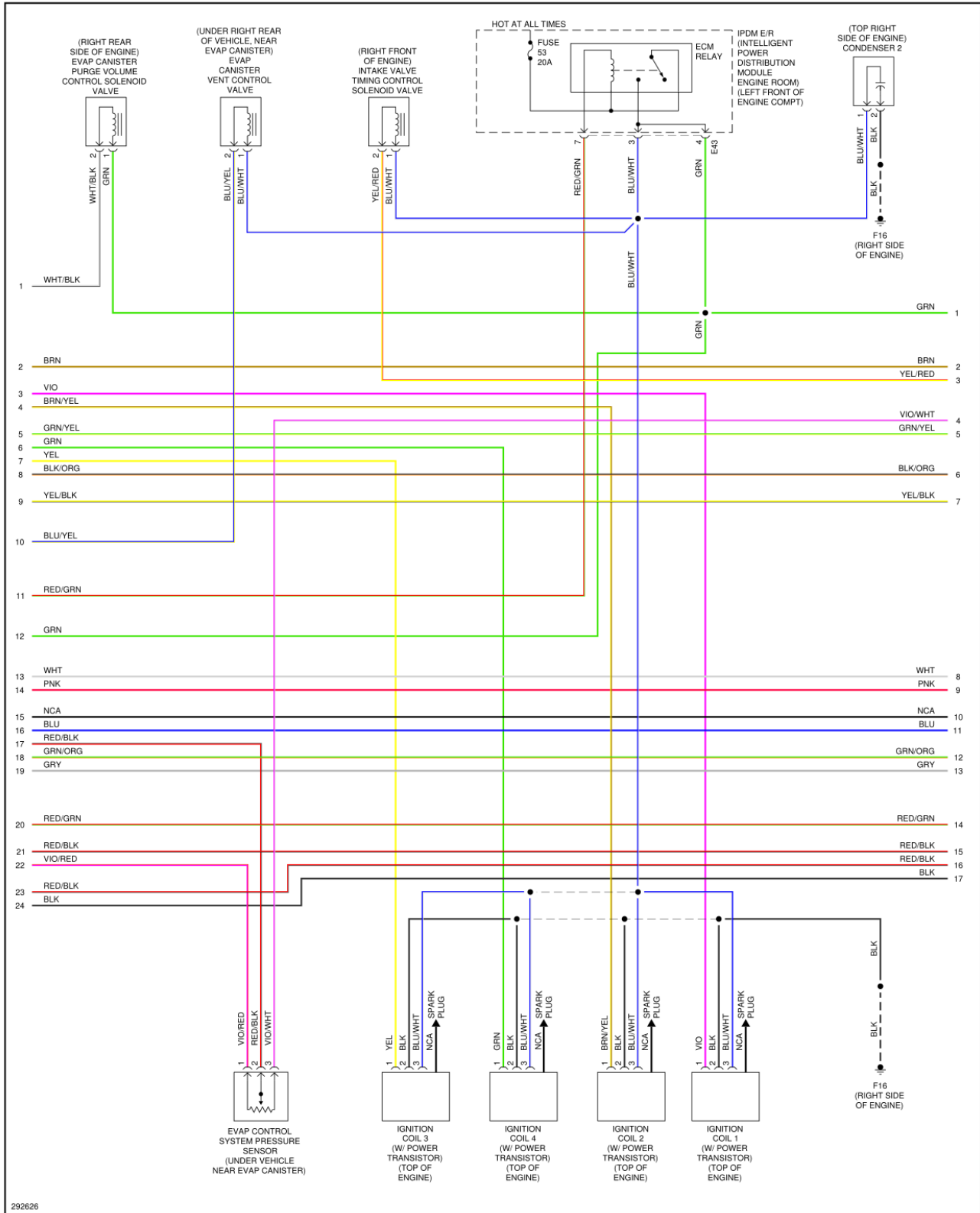


Fig. 34. Esquema de conexión de los elementos en el sistema de motor Nissan Sentra 2008 - Parte 2.

## Engine performance 3-5 Nissan Sentra 2008

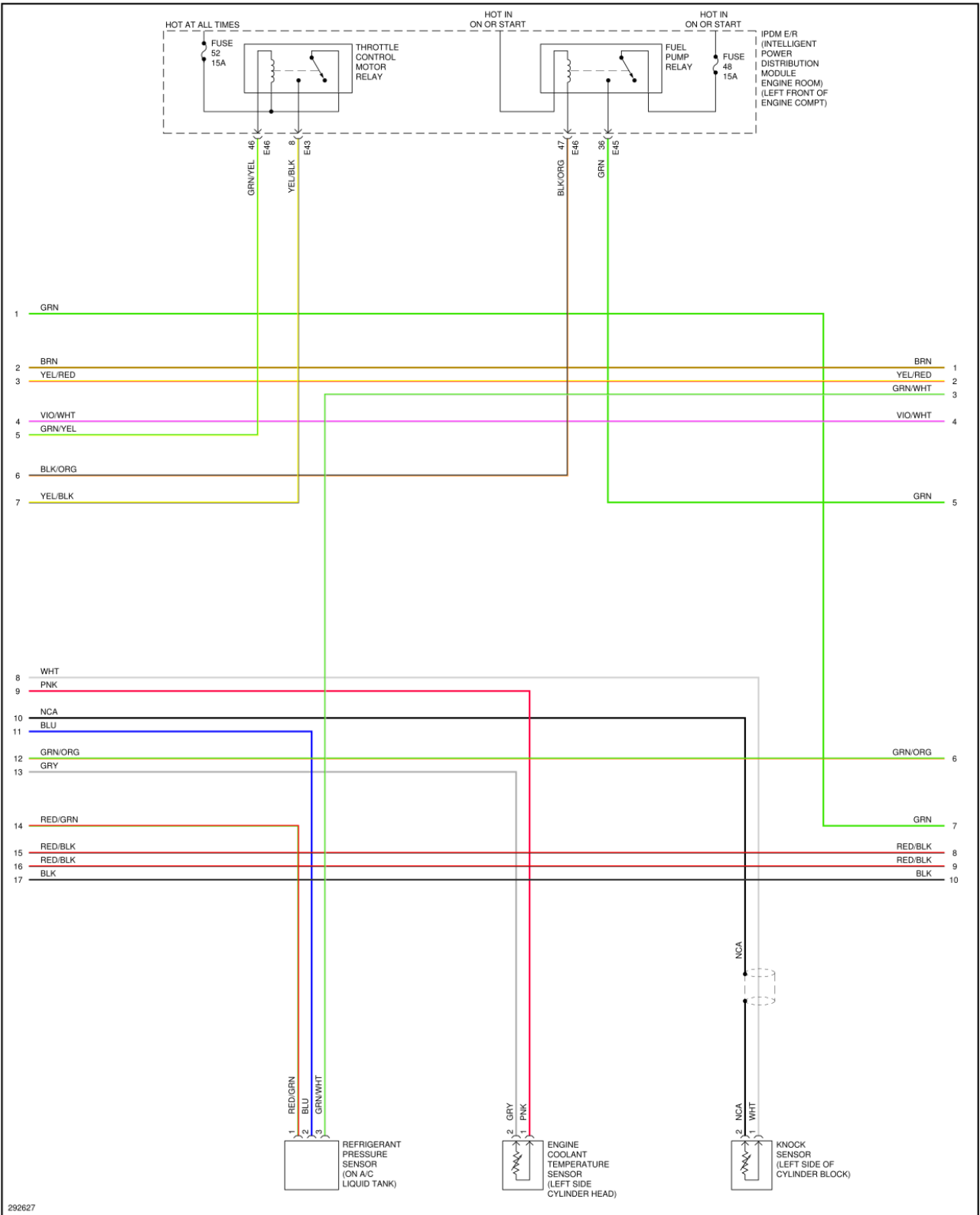


Fig. 35. Esquema de conexión de los elementos en el sistema de motor Nissan Sentra 2008 - Parte 3.

## Engine performance 4-5 Nissan Sentra 2008

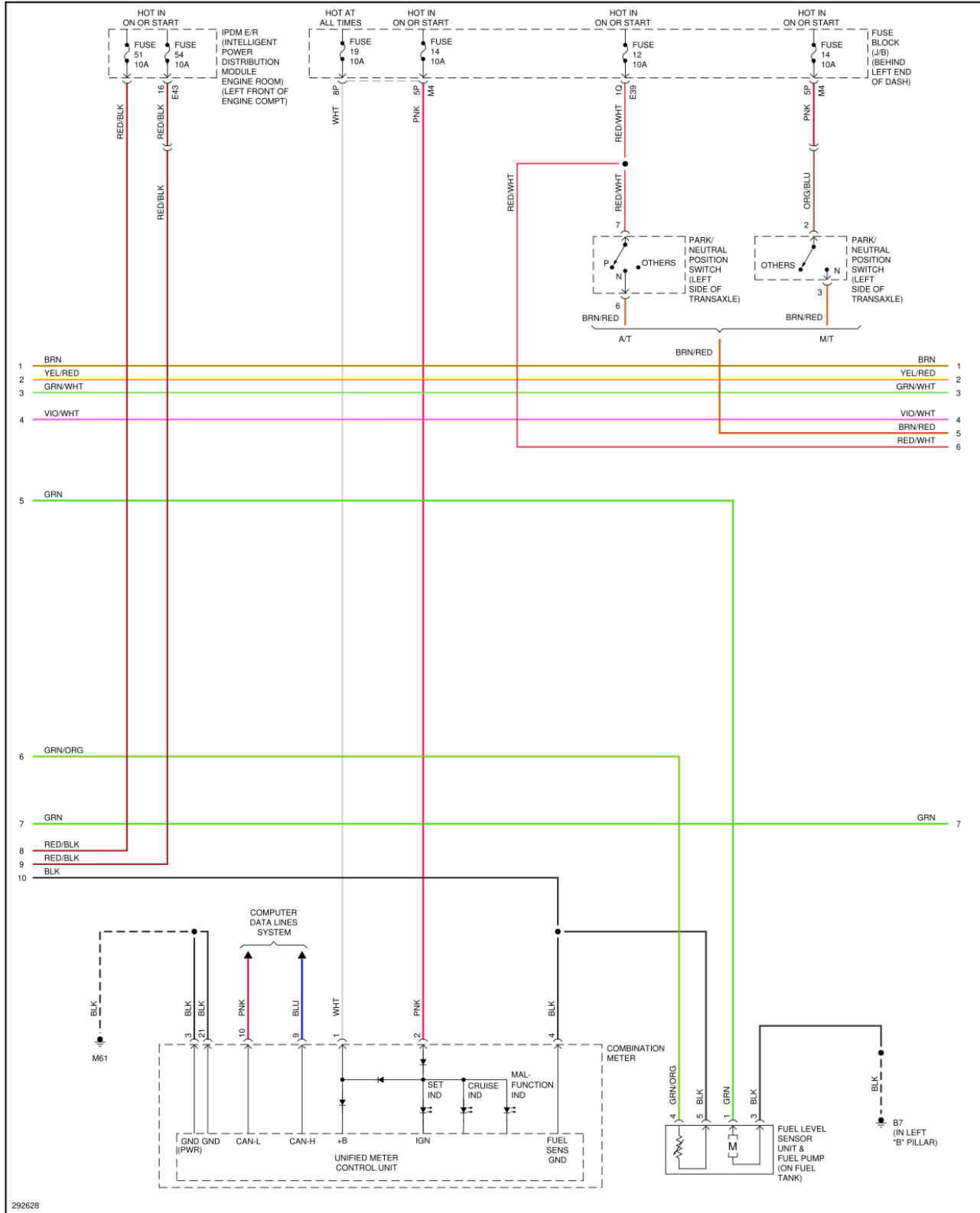


Fig. 36. Esquema de conexión de los elementos en el sistema de motor Nissan Sentra 2008 - Parte 4.

## Engine performance 5-5 Nissan Sentra 2008

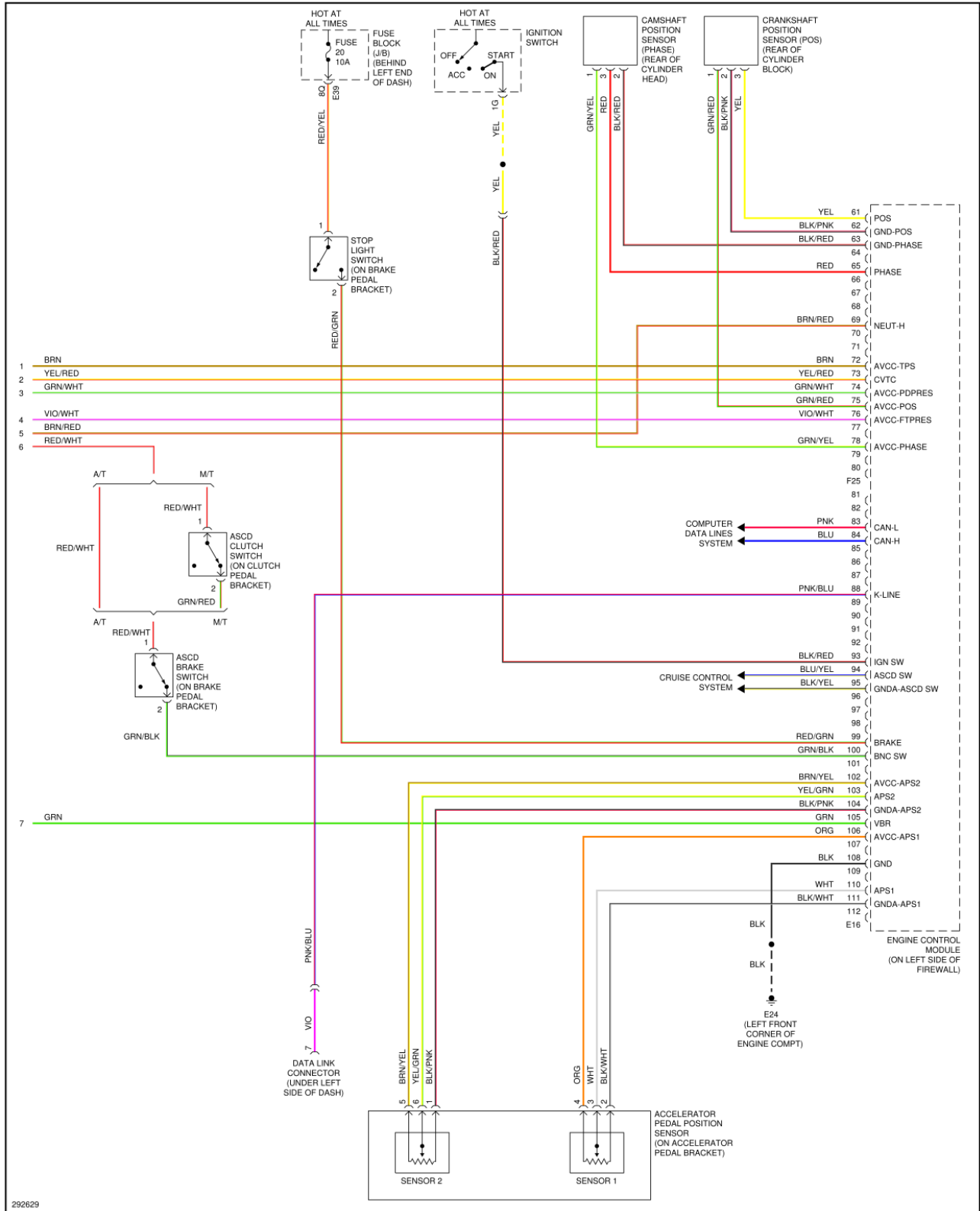


Fig. 37. Esquema de conexión de los elementos en el sistema de motor Nissan Sentra 2008 - Parte 5.



### Actividades.

- ✓ Diseño en papel de estructura metálica para el proyecto.
- ✓ Recepción de componentes del proyecto.
- ✓ Elaboración de cronograma de actividades para evaluar resultados.
- ✓ Búsqueda de información técnica, específica de los sistemas a implementar.
- ✓ Búsqueda de información sobre interfaz CAN box test.





### Resultados.

- Estructura previa de equipo a paneles.
- Adquisición de material metálico y eléctrico.
- Elaboración de prototipo en lámina de aluminio según posibles dimensiones del equipo.
- Cotizaciones de algunos elementos a utilizar en circuito de control.

### Dificultades encontradas.

- No contar con todos los elementos necesarios para armar el circuito de control inalámbrico.

### Fotografías de evidencias de trabajo realizado

 <p>Solicitud de traslado de equipo CAN box test.</p>	 <p>Modelo de diseño de estructura metálica.</p>
 <p>Recepción de componentes mecánicos.</p>	 <p>Recepción de componentes eléctricos.</p>



Prueba de componentes con estudiantes de segundo año de la carrera de Técnico en Mecánica Automotriz.



Acceso a los módulos con Escaner.

### Actividades realizadas.

- ✓ Diseño de estructura metálica en borrador plástico.
- ✓ Toma de medidas específicas con puente inferior.
- ✓ Revisión de cronograma de actividades para alcanzar resultados.
- ✓ Reuniones de círculos concéntricos de primer y segundo nivel.
- ✓ Seguimiento de proceso de asignación de área de trabajo.

### Resultados alcanzados.

- Estructura de proyecto definida de acuerdo con los componentes.
- Área de trabajo definida para proyecto.
- Adquisición de motor eléctrico y engrane reductor.
- Seguimiento de proceso de compras.

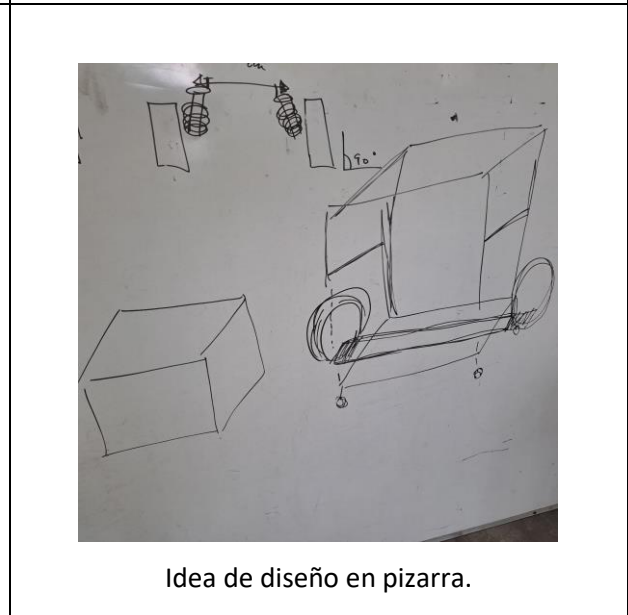
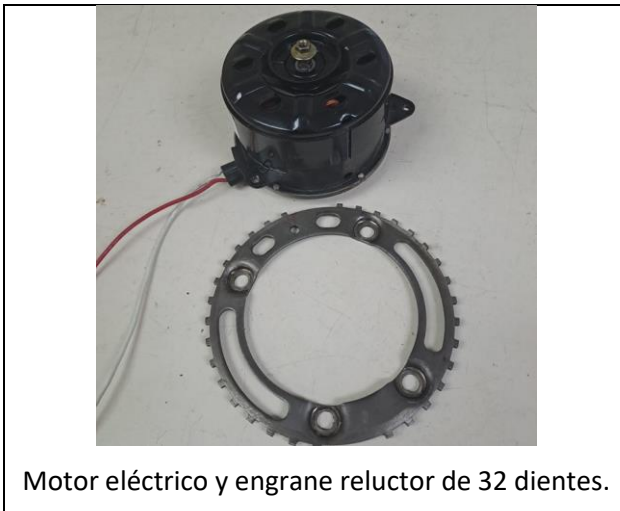
### Fotografías de evidencias de trabajo realizado



Traslado de componentes al area de trabajo.



Recepción de material gastable.



### Actividades realizadas.

- ✓ Proceso de medición en borrador.
- ✓ Proceso de medición y corte de estructura.
- ✓ Proceso de unión de partes metálicas.
- ✓ Proceso de soldadura de bases de llantas.
- ✓ Poner refuerzos soldados en unión de escuadras.
- ✓ Soldadura de base de llantas en estructura principal.

### Resultados alcanzados.

- Estructura de proyecto soldada y reforzada.
- Base de llantas unida a estructura principal.
- Base porta batería diseñada.

## Fotografías de evidencias de trabajo realizado



Piezas plásticas para bosquejo de estructura.



Proceso de diseño de estructura con plástico.



Proceso de medición y corte de metal.



Proceso de medición y corte de metal.



Proceso de unión de piezas metálicas.



Proceso de unión con soldadura.



Soldadura de bases de ruedas.



Inspección del proceso de soldadura.

#### Actividades realizadas.

- ✓ Proceso de medición y corte de lámina de aluminio para panel frontal.
- ✓ Montaje de estructura de panel de instrumentos.
- ✓ Instalación de base porta batería.
- ✓ Instalación de puente inferior en estructura.
- ✓ Montaje rodos fijos y flotantes.
- ✓ Doblado y corte de lámina de aluminio.
- ✓ Instalación de alzas metálicas para amortiguador.
- ✓ Instalación de alzas frontales para puente inferior.

#### Resultados alcanzados.

- Estructura soporte principal lista para proceso de afinación.
- Componentes mecánicos listos para fijación.
- Base de batería instalada.
- Base de panel de instrumentos lista para corte.
- Base porta amortiguadores lista para instalar.
- Panel de instrumentos listo para instalar.

#### Dificultades encontradas:

- Se modificó la base porta panel de instrumentos por estética de la estructura.

## Fotografías de evidencias de trabajo realizado



Medición y corte de lamina para panel frontal.



Montaje previo de componentes para fijación.



Instalación de base porta batería.



Instalación de pernos en puente inferior.



Instalación de rodos.



Proceso de doblado y corte de lámina.

### Actividades realizadas.

- ✓ Instalación de alzas de amortiguador.
- ✓ Instalación de panel de instrumentos.
- ✓ Proceso de lijado de estructura metálica.
- ✓ Instalación de bases de ruedas.
- ✓ Instalación de componentes mecánicos.
- ✓ Instalación de columna de dirección.
- ✓ Instalación alzas de puente inferior.
- ✓ Instalación lámina de aluminio doblada.

### Resultados alcanzados.

- Panel de instrumentos instalado.
- Componentes mecánicos instalados.
- Columna de dirección instalada.
- Estructura metálica pintada.

### Dificultades encontradas:

- Base de reluctor difícil de cortar y fijar en motor eléctrico.

### Fotografías de evidencias de trabajo realizado



Fabricación de alzas de amortiguador.



Instalación final de alzas metálicas.



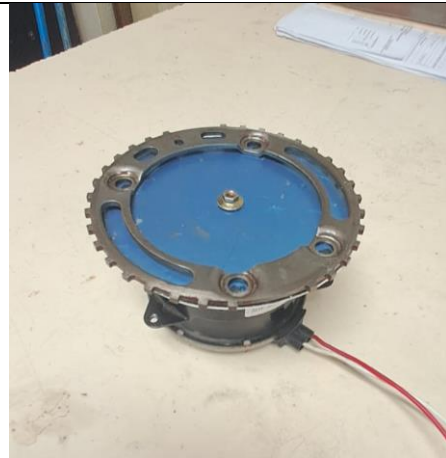
Instalación de panel de instrumentos.



Proceso de lijado y pulido para pintura.



Vista preliminar del simulador.



Montaje preliminar de reluctor en motor.

#### Actividades realizadas.

- ✓ Proceso de instalación de voltímetro.
- ✓ Montaje previo de cableado eléctrico.
- ✓ Construcción de base de acrílico para reluctor de motor.
- ✓ Depuración de cableado eléctrico.
- ✓ Verificación previa de funcionamiento de circuito eléctrico.
- ✓ Prueba preliminar de comunicación entre módulos.
- ✓ Conexión de Fusilera principal y secundaria.
- ✓ Reparación de borne positivo de cableado.

#### Resultados alcanzados.


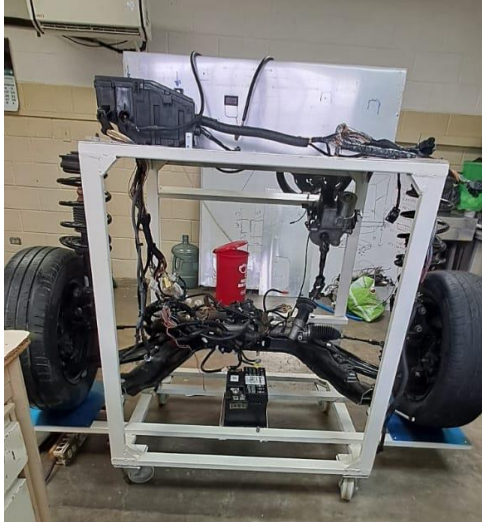



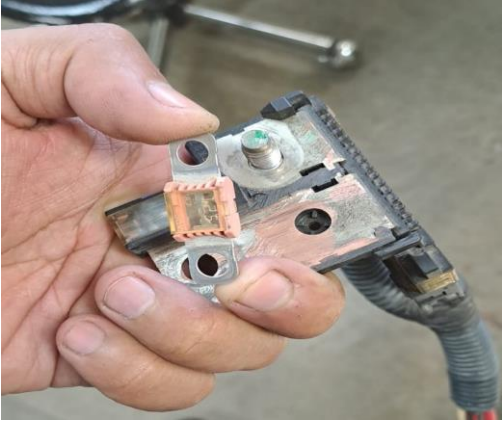
- Columna de dirección instalada.
- Instalación circuito eléctrico de alimentación.
- Ramal eléctrico depurado según la necesidad.
- Fusible principal restaurado para su funcionamiento.



## Dificultades encontradas.

- Ruptura de fusible de alto amperaje, se tuvo que sustituir y modificar.

## Fotografías de evidencias de trabajo realizado

 <p>Instalación de voltímetro.</p>	 <p>Instalación previa de componentes eléctricos.</p>
 <p>Prueba de soporte de acrílico para motor.</p>	 <p>Depuración de cableado eléctrico.</p>
 <p>Proceso de carga de batería.</p>	 <p>Sustitución de fusible principal.</p>

### Actividades realizadas.

- ✓ Proceso perforación de agujeros en lámina de aluminio.
- ✓ Adecuación de ramal eléctrico inferior.
- ✓ Prueba de circuitos de protección.
- ✓ Adecuación de ramal eléctrico superior.
- ✓ Adecuación de ramal eléctrico intermedio.
- ✓ Montaje de módulos de control principales.
- ✓ Limpieza de conectores.
- ✓ Aislamiento de ramal eléctrico.
- ✓ Diseño de base porta reluctor.

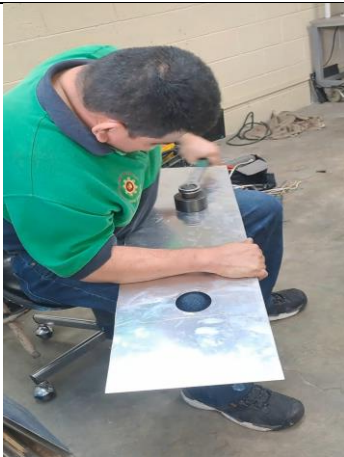
### Resultados alcanzados.

- Red de comunicación entre módulos probada y funcionando al 100%.
- Instalación circuito eléctrico del mando.
- Instalación de terminal positivo de batería.
- Circuito de simulación de fallas eléctricas listo para pruebas.
- Base porta sensores diseñadas e instaladas.
- Base porta reluctor diseñada en impresión 3D.
- Diseño de protecciones para reluctor de RPM.

### Dificultades encontradas.

- Base porta reluctor a diseñar en otro material ya que el aluminio y acrílico no cumplen con las exigencias de trabajo del circuito variador.

### Fotografías de evidencias de trabajo realizado



Perforación de agujeros en lámina de aluminio.



Instalación de circuito eléctrico inferior.



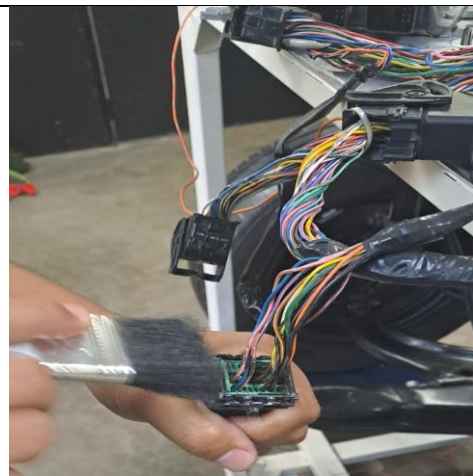
Instalación de circuito eléctrico superior.



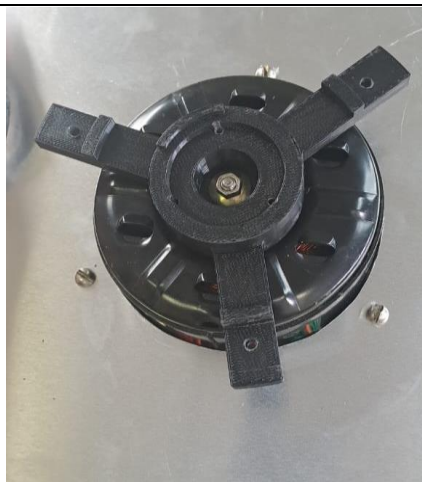
Prueba de circuitos de protección.



Instalacion de componentes principales.



Limpieza de conectores.



Diseño y construcción de base porta reluctor.



Instalacion de bases de porta sensores.

### **Actividades realizadas.**

- ✓ Proceso de instalación de motores de sube vidrios.
- ✓ Proceso de instalación de bobinas de encendido.
- ✓ Montaje de cableado de control.
- ✓ Montaje de base de acrílico para bobinas de encendido.
- ✓ Prueba de circuito de protección de motor sube vidrios.
- ✓ Prueba de circuito de mando de control manual.
- ✓ Prueba de circuito de mando de control inalámbrico.
- ✓ Montaje de puntos de prueba.
- ✓ Montaje de amperímetro en panel metálico.
- ✓ Prueba de preliminar de control inalámbrico.
- ✓ Conexión eléctrica entre logo y panel de sube vidrios y bobinas de encendido.
- ✓ Colaboración del técnico Edwin Cubas en armado de circuitos eléctricos.
- ✓ Preparación de circuito electrónico de control para frecuencia de bobinas de encendido.

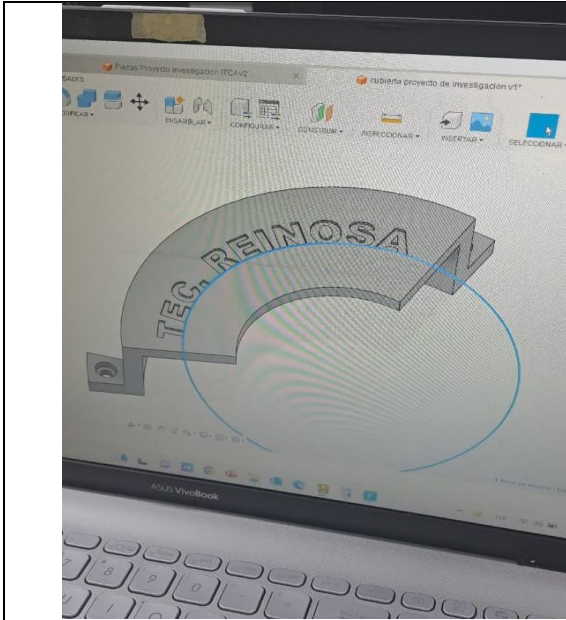
### **Resultados alcanzados.**

- Estructura de panel de sube vidrios y sistema de encendido instalados.
- Amperímetro de control de consumo de corriente de sistema de encendido.
- Instalación circuito eléctrico del mando electrónico del sistema de encendido.
- Instalación de disposición de protección.
- Control inalámbrico eficiente de los paneles.
- Instalación de paneles metálicos en estructura del proyecto.
- Circuito de control de LOGO listo añadido en el sistema eléctrico.
- Bujías de encendido instaladas y funcionando correctamente.
- Motor de sube vidrios instalado y funcionando correctamente.

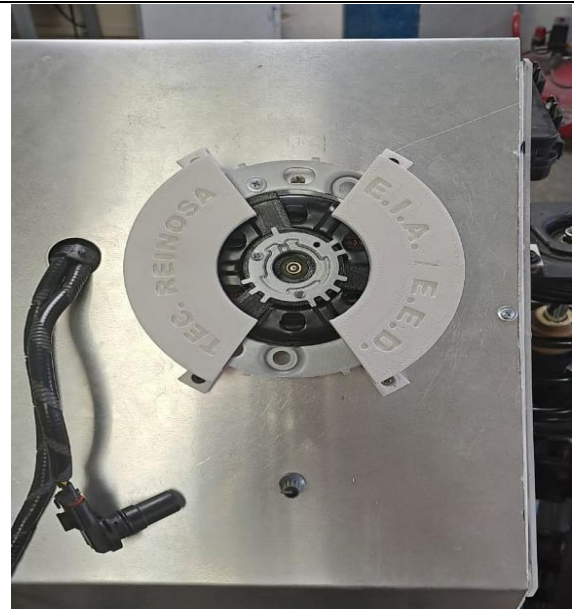
### **Dificultades encontradas:**

- Manipulación difícil de material acrílico para hechura de base porta bobinas de encendido.

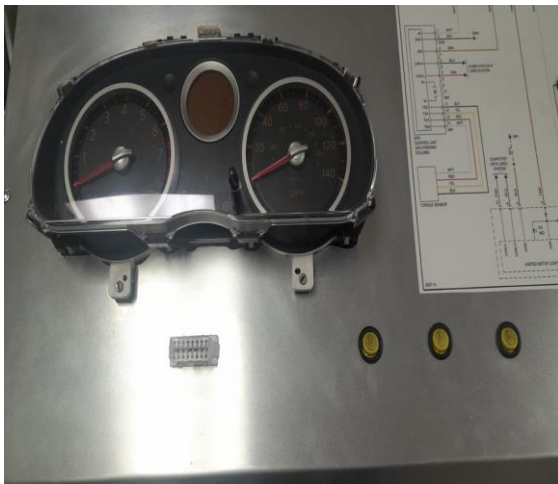
## Fotografías de evidencias de trabajo realizado



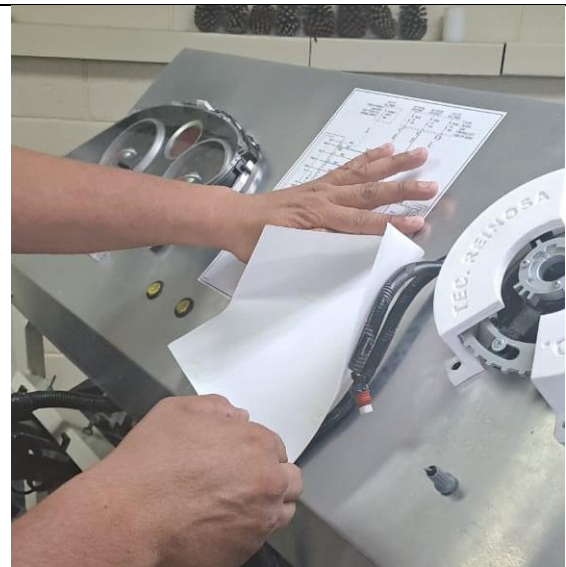
Diseño 3D de protectores.



Impresión 3D de protectores de reluctor.



Instalación de conector de diagnostico e interruptores de simulacion de fallas.



Instalación de diagrama eléctrico de EPS.



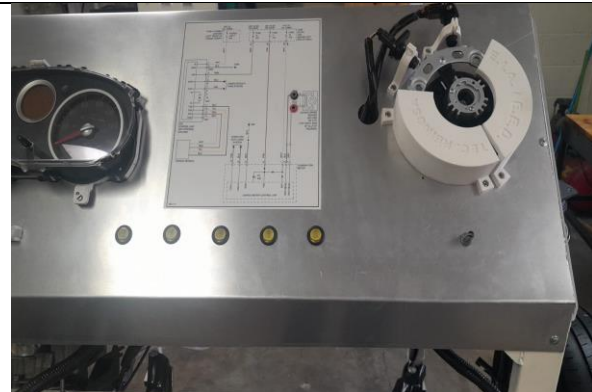
Pruebas preliminares.



Vista de datos en vivo con escaner.



Instalación de modulo BCM.



Vista preliminar de componentes panel frontal.



Presentación de resultados de proyecto 2023 a personal docente y administrativo.

## 8. CONCLUSIONES

Después de desarrollar esta investigación podemos concluir lo siguiente:

- Los esquemas implementados son capaces de cumplir con las funciones de compatibilidad e interacción entre módulos, permitiendo ingresar con múltiples equipos de diagnóstico electrónicos, tales como: escáner automotriz, interfaz de comunicación, osciloscopio de dos o más canales, entre otros.
- El proyecto ha permitido lograr una mayor integración entre las diferentes Escuelas Académicas involucradas en la investigación, cada una ejecutando su rol de manera efectiva. Dicha integración ha permitido elevar el nivel de tecnificación de los docentes y personal involucrado en la investigación, no solamente en la adquisición de nuevos conocimientos, sino también en la aplicación de la innovación utilizando tecnología de comunicación a través de redes multiplexadas CAN bus.
- La cantidad de tiempo y eficiencia con la que se realizó el análisis e integración de cada diagrama eléctrico proporcionado por el fabricante permitieron identificar algunas ventajas y desventajas al interactuar en la comunicación de los módulos electrónicos, ya que algunos de ellos, para trabajar eficientemente, necesitan la colaboración de los actuadores de cada sistema.
- Con la elaboración de este y otros proyectos de investigación, se puede comprobar el potencial de ITCA-FEPADE en la realización de investigaciones prácticas capaces de resolver problemáticas propuestas a futuro en las especialidades que requieren competencias técnicas.
- Una de las principales ventajas es el potencial de desarrollo que se tiene en cada sistema, ya que se puede trabajar de manera independiente y sacar el máximo provecho de sus funciones, tales como el sistema de encendido, el sistema de alimentación de combustible, sistema de aceleración, sistema de luces frontales, sistema de claxon, sistema de enfriamiento, entre otros.

## 9. RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan algunas recomendaciones obtenidas a partir de la elaboración de este proyecto:

- De acuerdo con los trabajos realizados durante el desarrollo de la investigación, se vuelve necesario considerar la incorporación de otros elementos para aumentar el número de características y funciones alcanzables, con el fin de mejorar el rendimiento del mismo. Se considera trabajar el sistema de transmisión del automóvil, el sistema de aceleración y sistema de encendido para continuar con las mejoras del simulador.
- Es fundamental considerar las múltiples ventajas de aplicación del entrenador en los diferentes módulos de la carrera de Técnico en Mecánica Automotriz, por ejemplo: el sistema de frenos, suspensión y dirección del automóvil, el sistema de redes y comunicación, el sistema de inyección electrónica y el sistema eléctrico de carrocería del automóvil liviano.

## 10. GLOSARIO

1. BCM. Body Control Module, dispositivo electrónico de carrocería que realiza la gestión de accesorios.
2. CAN. Controller Area Network, protocolo de comunicación entre módulos electrónicos.
3. Circuito. Conjunto de elementos que realizan una función determinada.
4. Circuito variador de velocidad. Dispositivo encargado de controlar la velocidad de giro del motor

eléctrico a 12Voltios.

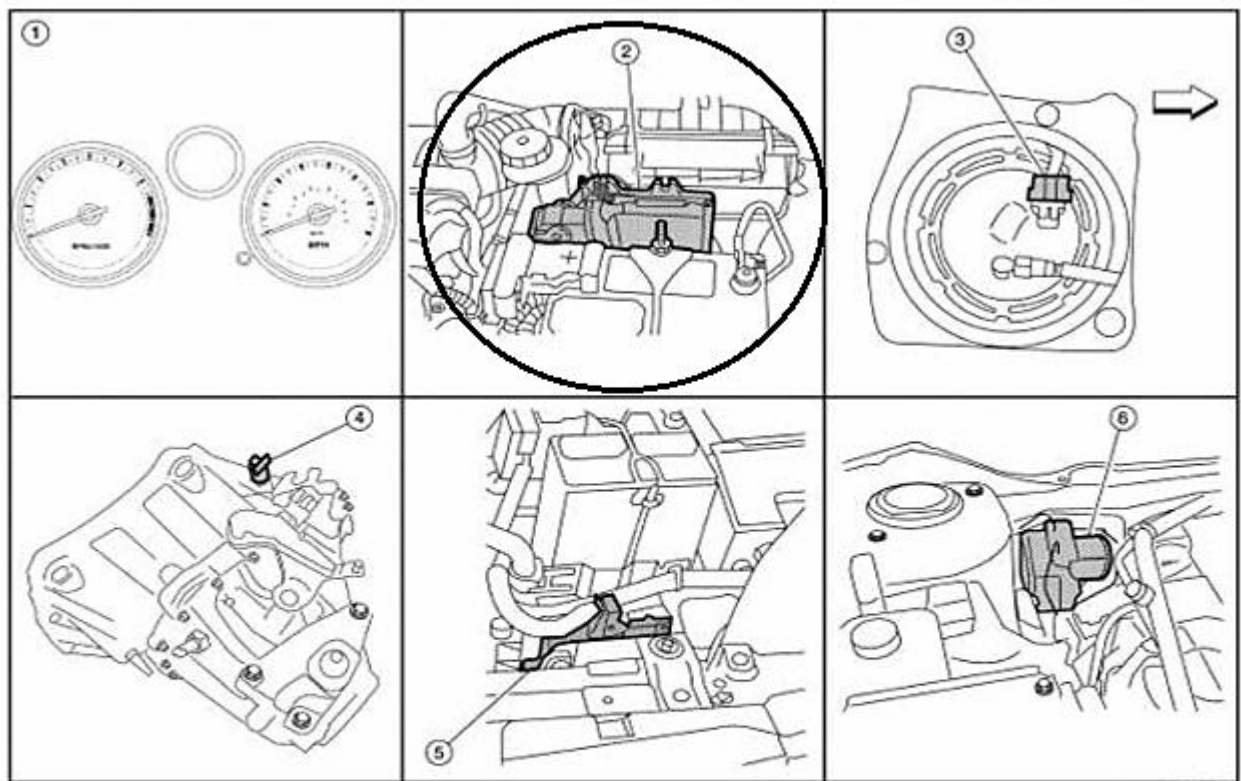
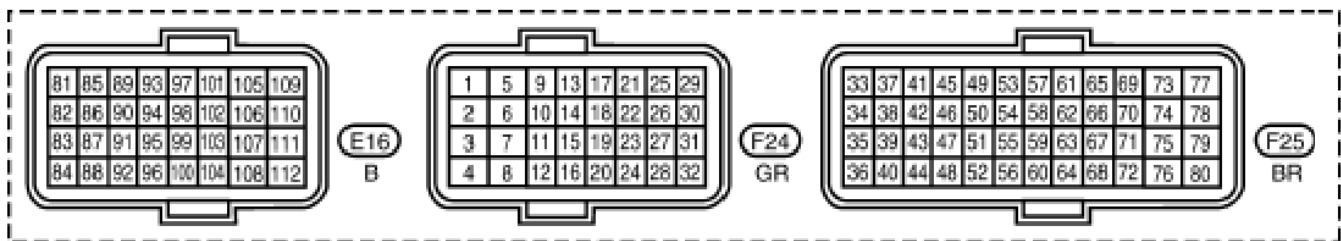
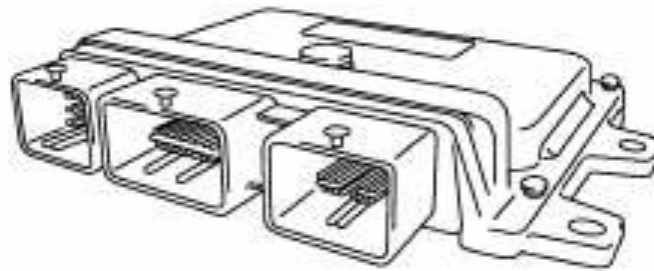
5. Diagrama. Representación simbólica estándar de conexión de un circuito.
6. DLC. Data Link Conector, conector de enlace de datos.
7. ECM. Electronic Control Module, dispositivo electrónico de motor que realiza la gestión principal de interacción de comunicación.
8. EPS. Electrical Powered Steering, dispositivo electrónico de dirección que realiza la gestión de asistencia en el sistema de dirección.
9. Escáner. equipo de diagnóstico electrónico para motores a gasolina o diésel.
10. Esquema. Forma de representar grafica de conexión eléctrica.
11. Instrument Cluster, panel de instrumentos encargado de mostrar información al conductor.
12. Interfaz CAN box test. Dispositivo de enlace en la red de comunicación electrónica.
13. IPDM. Intelligent Power Distribution Module, dispositivo electrónico de control de distribución de corriente, que realiza la gestión de suministro de energía.
14. Periférico. Dispositivo de salida, complementario del Arduino.
15. Reluctor. Rueda dentada para la sincronización de encendido del motor de combustión.
16. TCM. Transmission Control Module, dispositivo electrónico de transmisión que realiza la gestión principal de cambios de velocidad.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. M. A. Perez, Técnicas del Automovil. Equipo eléctrico, 10 ed., Madrid: Paraninfo, 2007.
- [2] M. F. arciniega, «fernandoarciniega.com,» Fernando Omar Arciniega Martínez, 2023. [En línea]. Available: fernandoarciniega.com. [Último acceso: 17 enero 2024].
- [3] J. C. Garcia, «GPStotal,» GPS TOTAL, 2024. [En línea]. Available: <https://gpstotal.org/es/que-es-obdii>. [Último acceso: miercoles enero 2024].



## 12.ANEXO: INFORMACIÓN TÉCNICA DEL MODELO NISSAN SENTRA 2008



1. Combination meter M24

2. ECM E16

3. Fuel level sensor unit and fuel pump (fuel level sensor) B48 (view with rear seat and inspection hole cover removed) (⇐: Front)

4. Vehicle speed sensor F41 (without ABS or CVT)

5. TCM F23

6. ABS actuator and electric unit (control unit) E33

Fig. 38. identificación de conectores y ubicación de ECM principal.

# Body Control Module

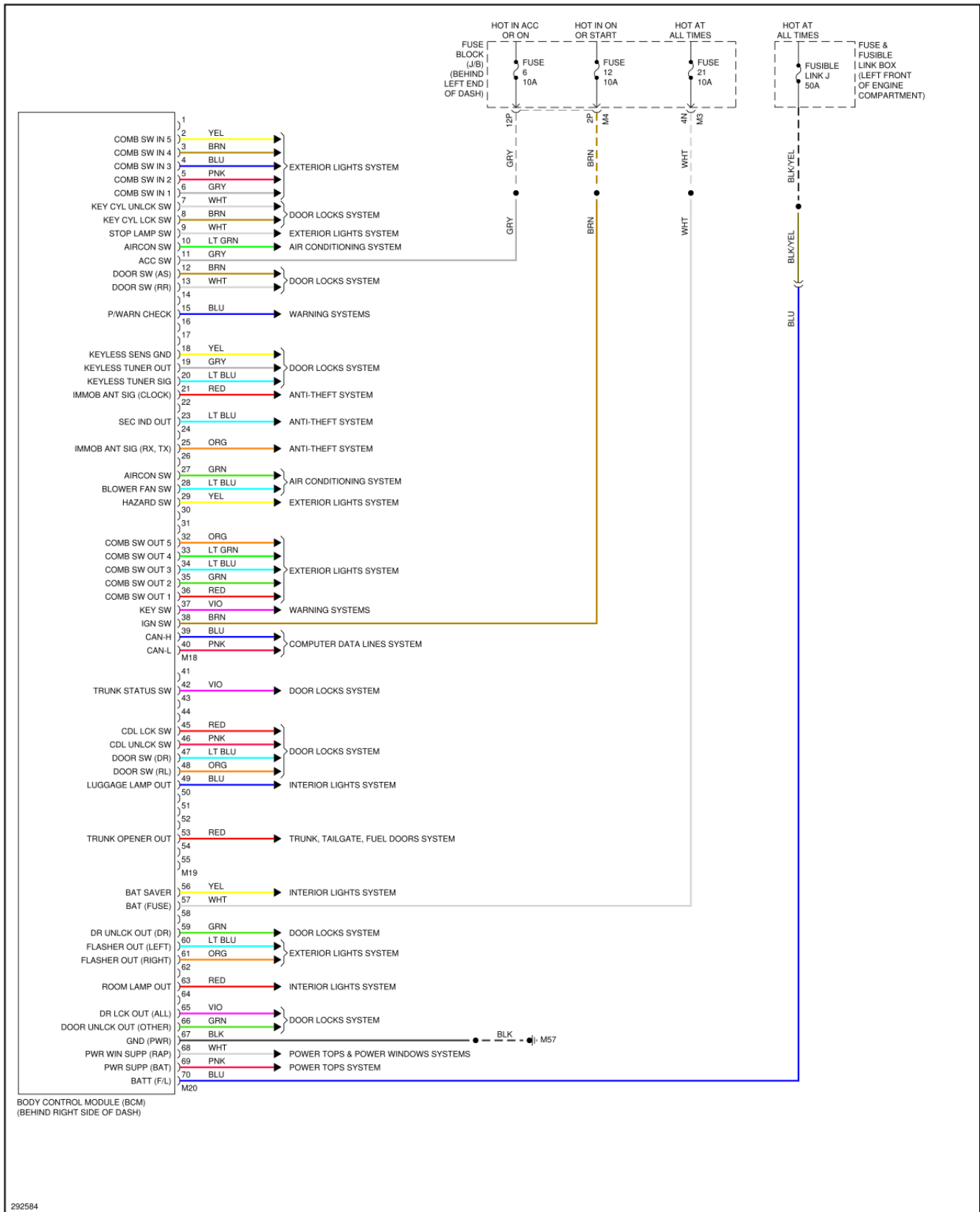


Fig. 39. Esquema eléctrico de módulo de control de carrocería

## Components Location BCM

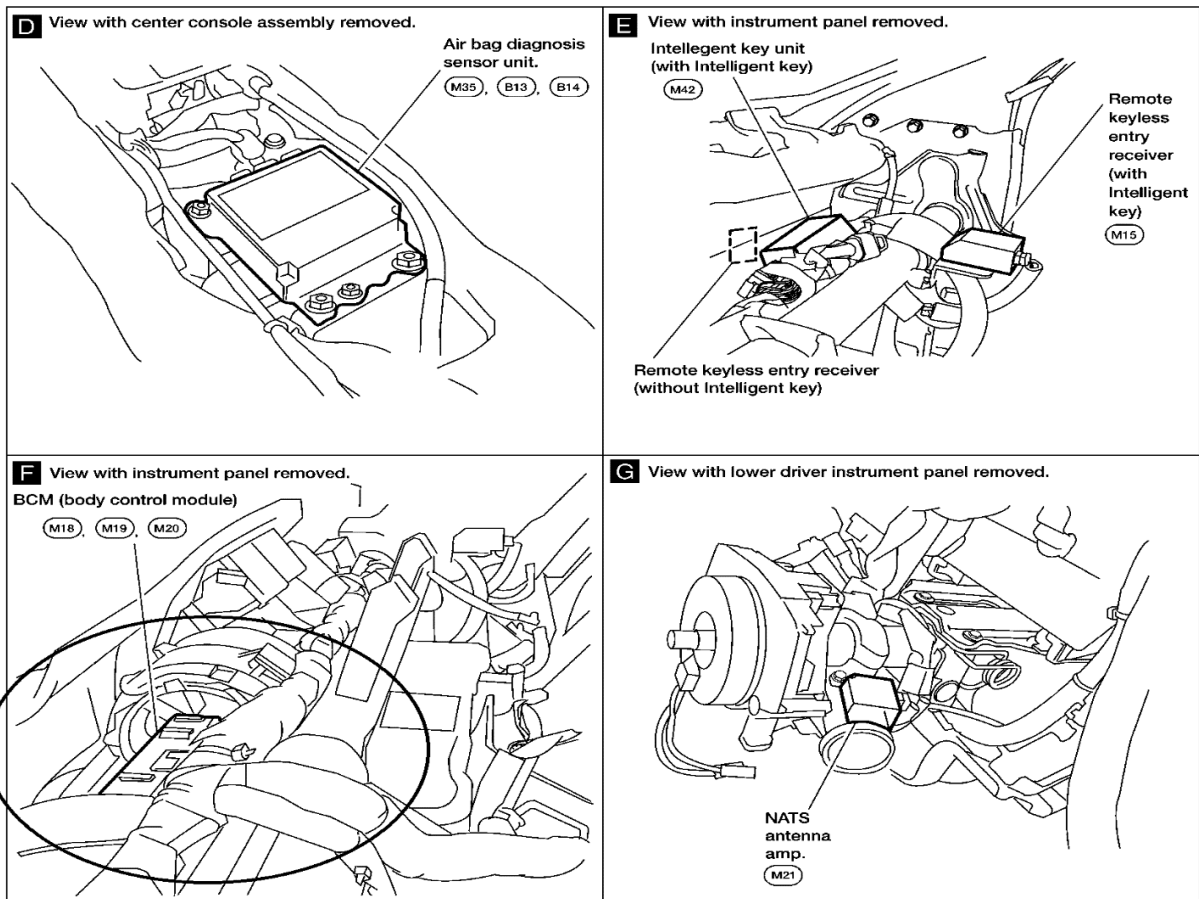
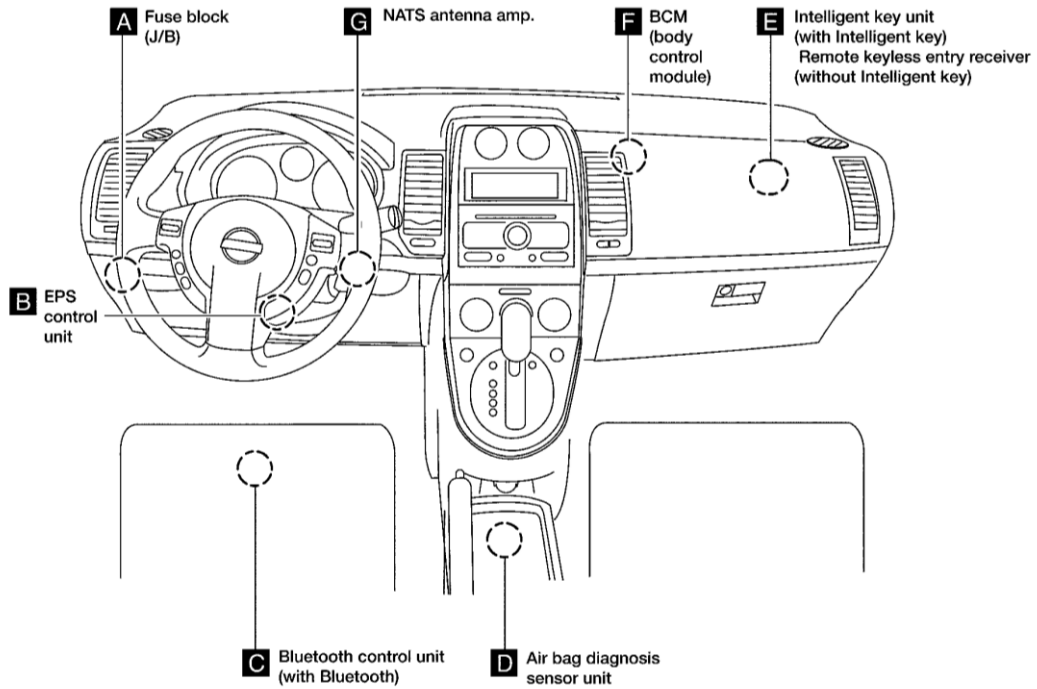


Fig. 40. Identificación de BCM y ubicación del componente.

## Instrument Cluster 1-2

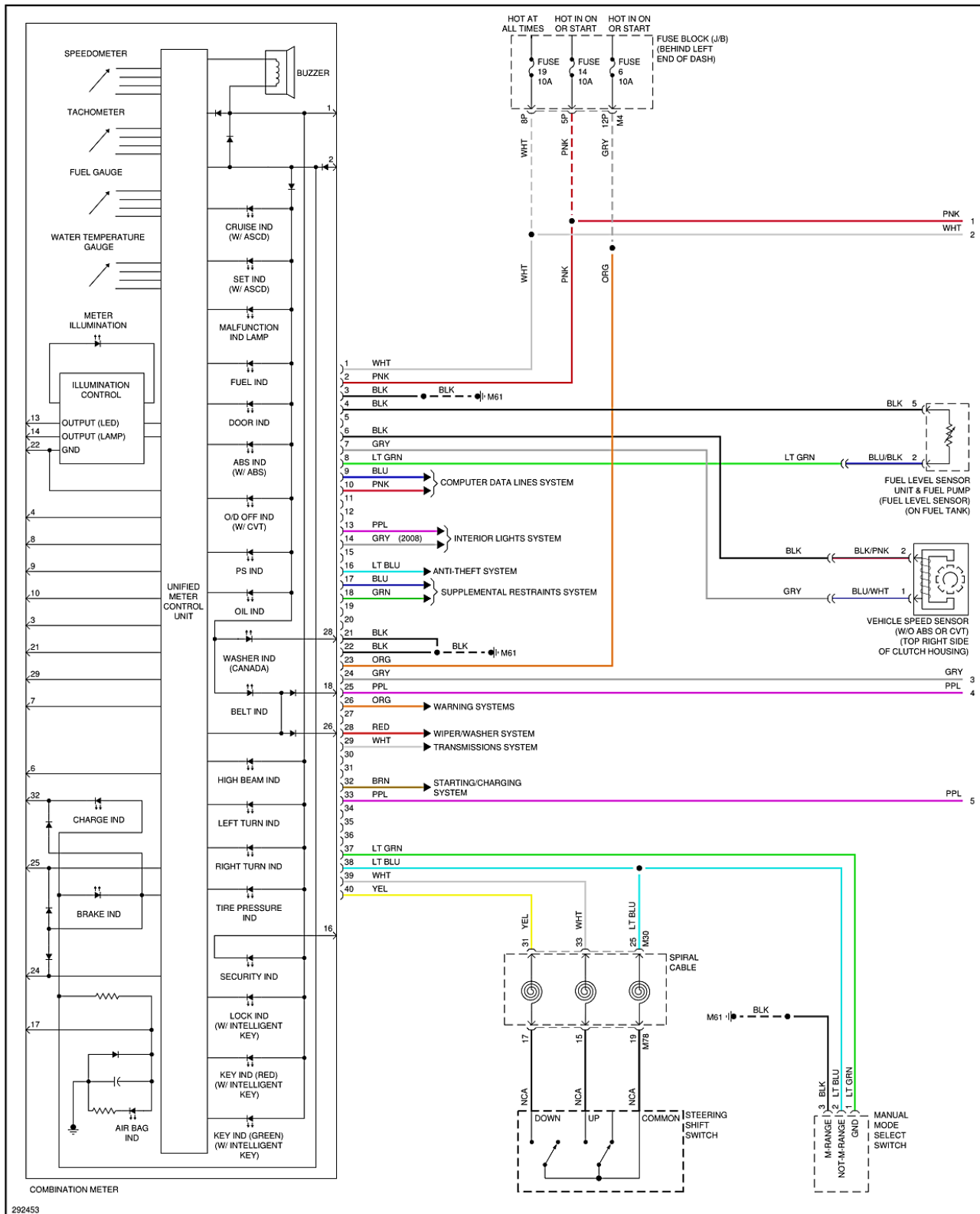


Fig. 41. Esquema de conexión de panel de instrumentos - Parte 1.

## Instrument Cluster 2-2

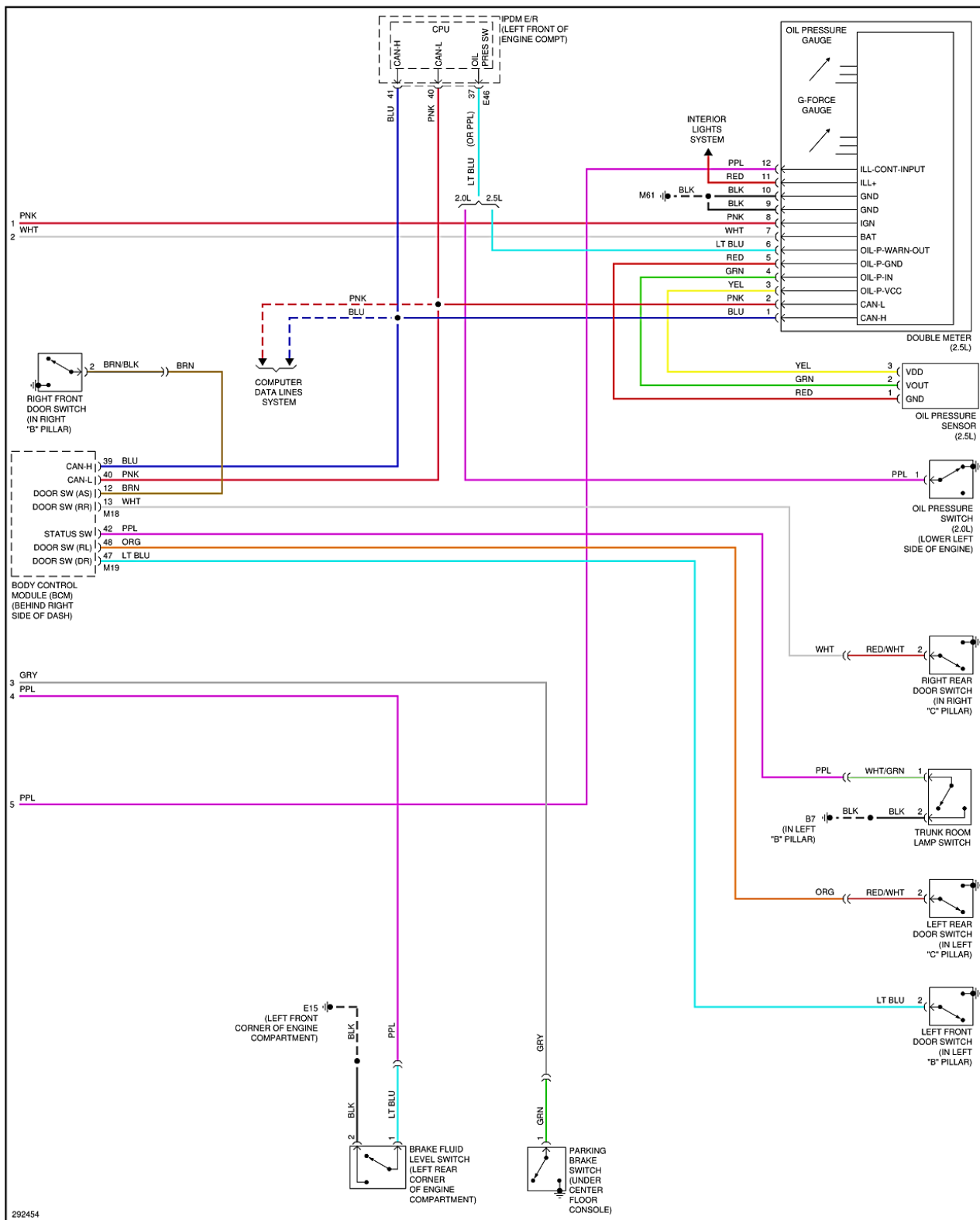


Fig. 42. Esquema de conexión de panel de instrumentos - Parte 2.

## Components Location / Cluster Conector

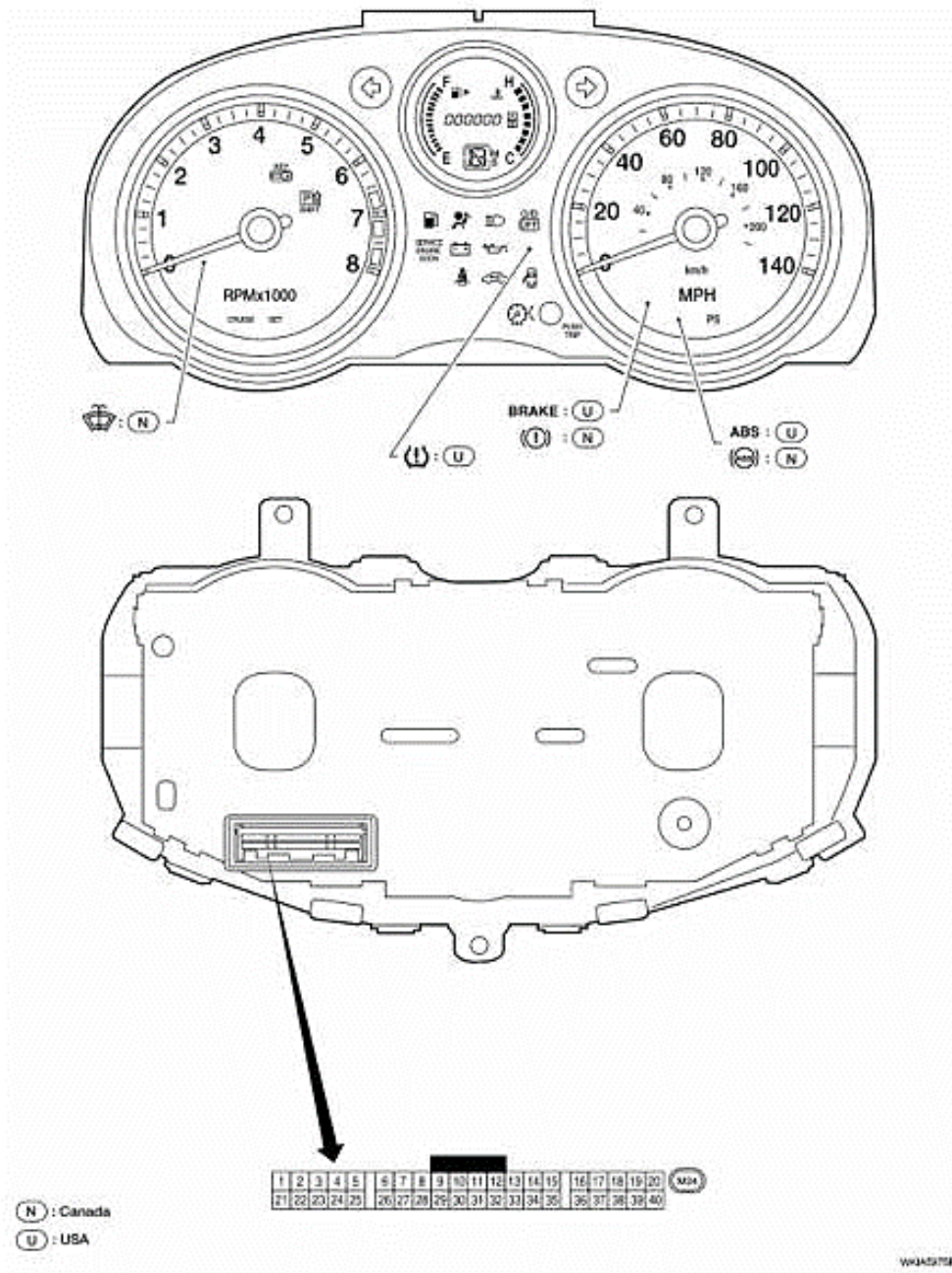
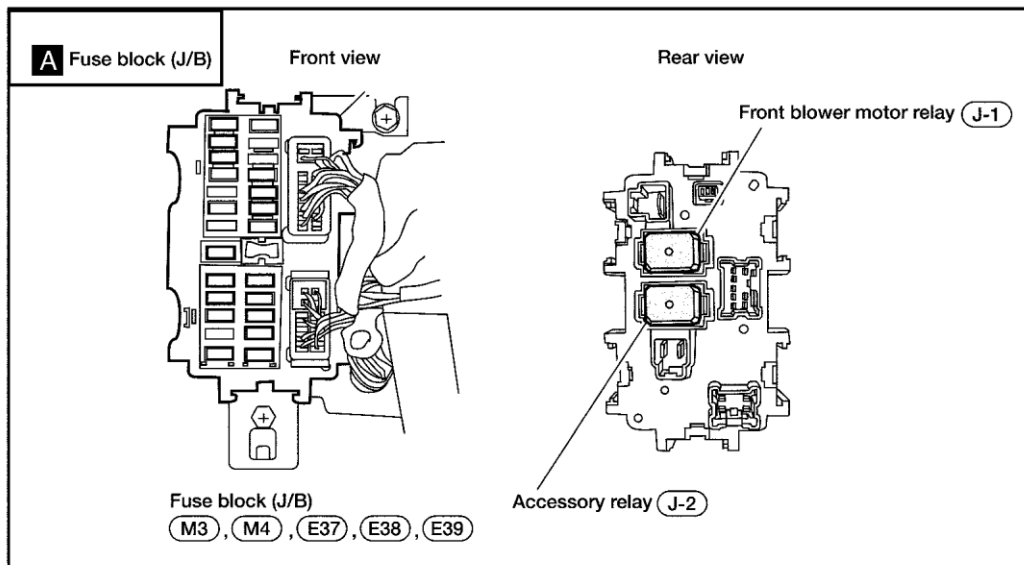
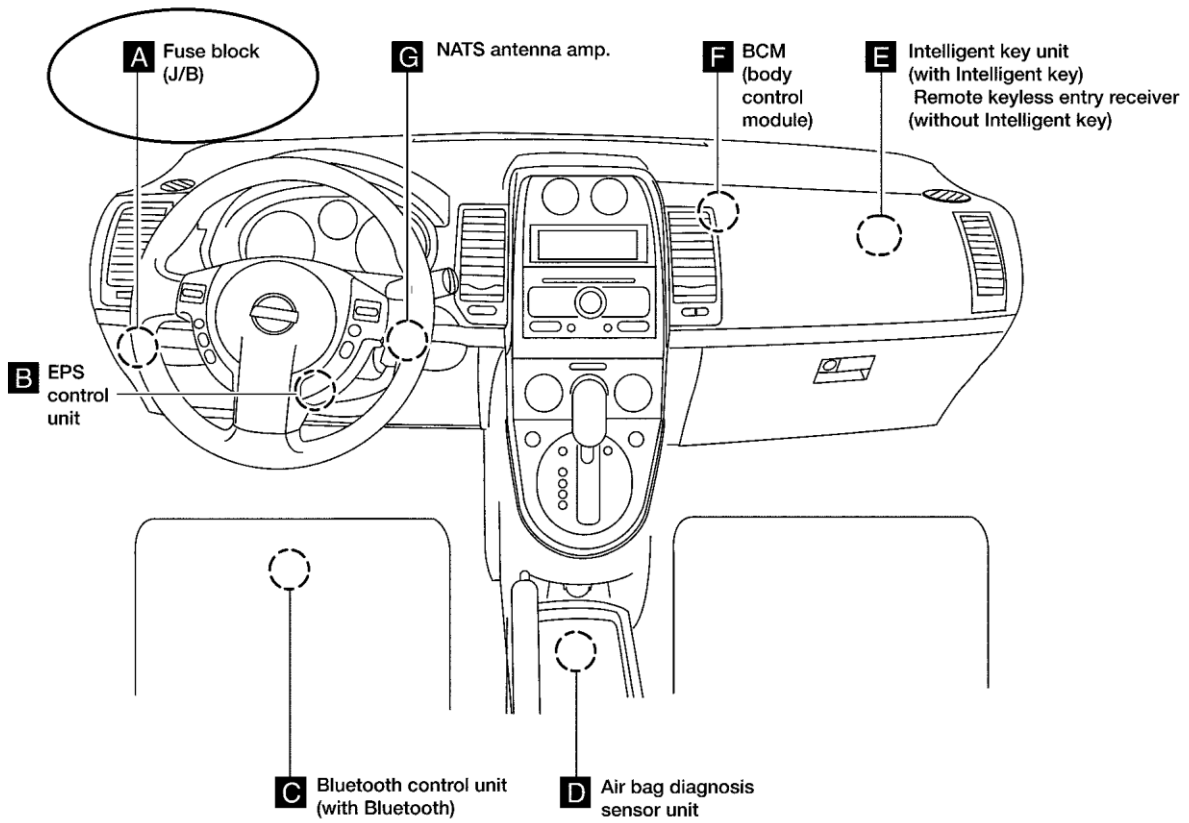


Fig. 43. Identificación de pines del conector y muestra de indicadores frontales.



G00445715

Fig. 44. Ubicación de panel de instrumentos e identificación de fusilera secundaria.

## Transmission Control Module

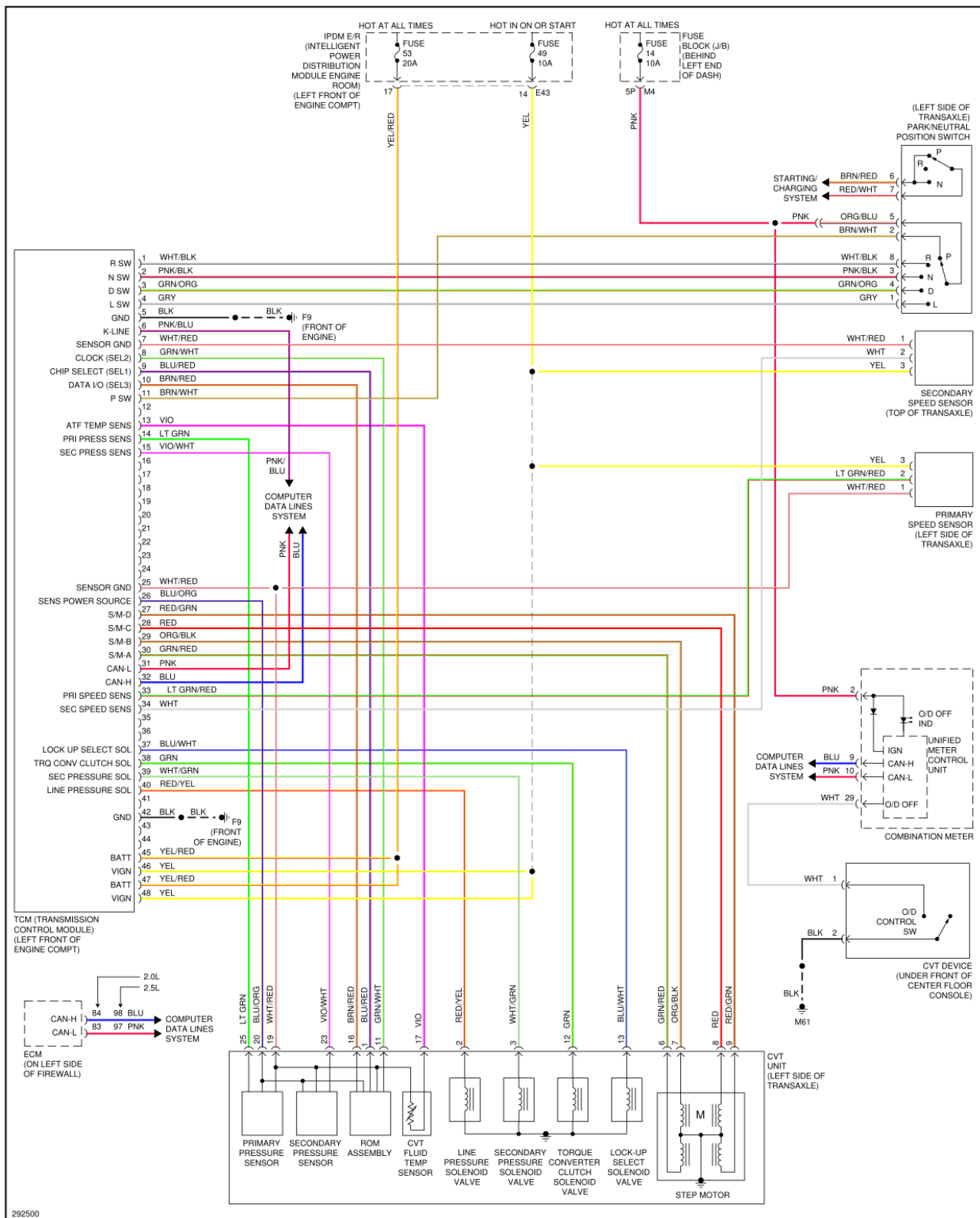


Fig. 45. Esquema de conexión de módulo de control de transmisión TCM.



## Components Location

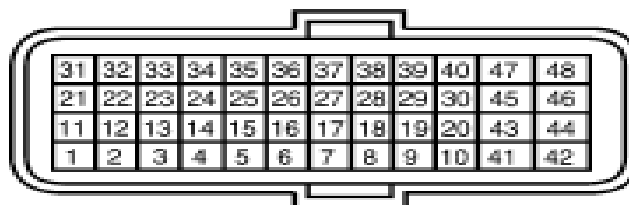
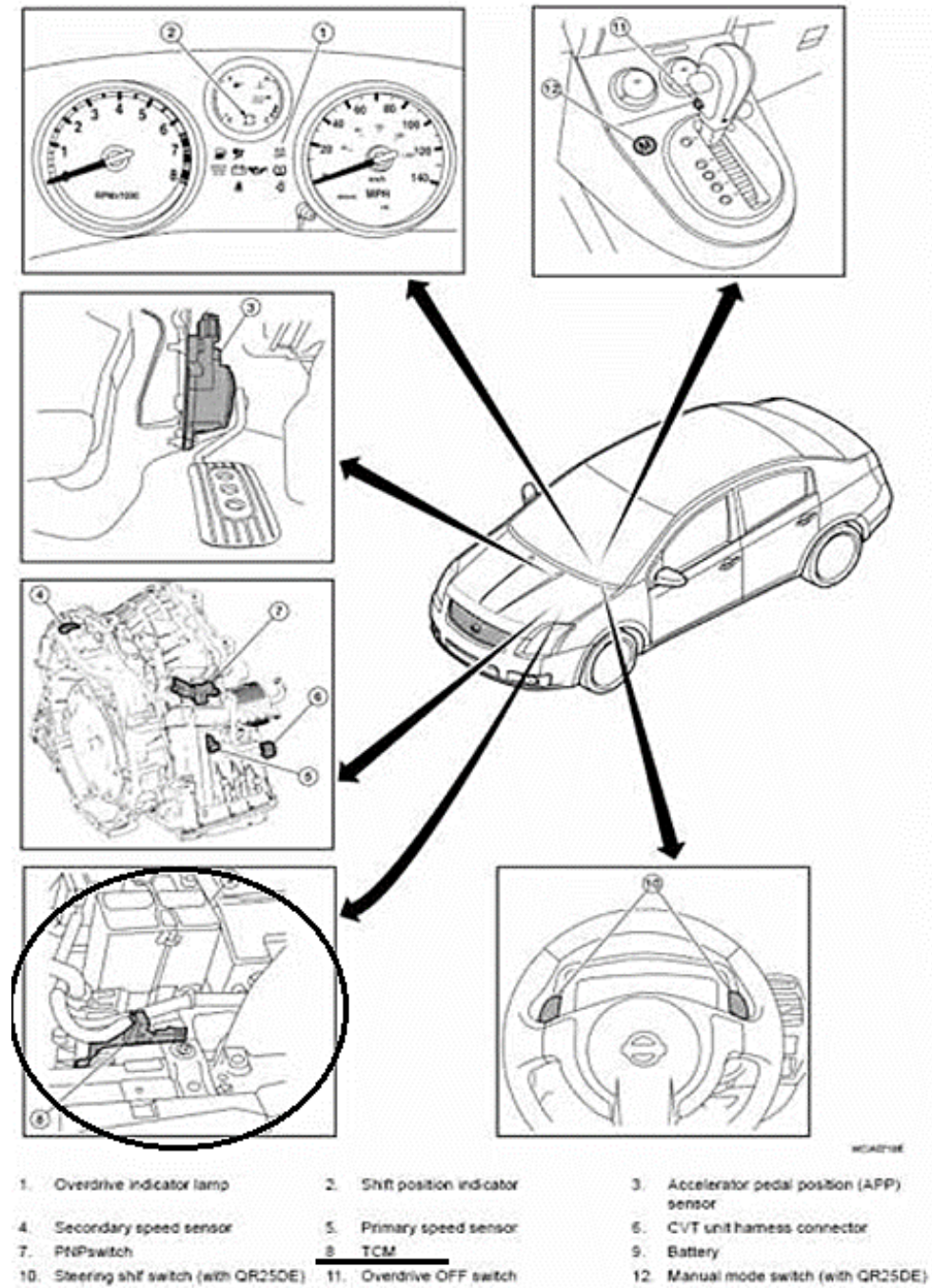


Fig. 46. Ubicación e identificación de pines de módulo de control de transmisión TCM.







## SEDE CENTRAL Y CENTROS REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro centros regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

### 1. SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.  
Tel.: (503) 2132-7400

### 2. CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procvia.  
Tel.: (503) 2440-4348

### 3. CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.  
Tel.: (503) 2334-0763 y 2334-0768

### 4. CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.  
Tel.: (503) 2669-2298

### 5. CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión  
Tel.: (503) 2668-4700

[www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

