

Implementación del sistema start-stop

Rumiguano Cristhian¹; Leonidas Quiroz²; Aguilar Jhonatan³

¹ Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Energía y Mecánica, cdrumiguano@espe.edu.ec

² Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Energía y Mecánica, laquiroz@espe.edu.ec

³ Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Energía y Mecánica, jaaguilar6@espe.edu.ec

Resumen: El presente trabajo de titulación realizó el análisis de eficiencia energética en relación al consumo de combustible y emisiones al implementar el sistema start-stop en el vehículo Hyundai Getz 1,6 por medio de un módulo de control desarrollado en base a la placa arduino mega, que permite emular el funcionamiento del sistema bajo ciertas condiciones de operación del vehículo que indican el momento de apagado y arranque del motor de combustión. Los parámetros para la activación del start-stop se tomaron de los sensores del vehículo y otros que fueron adaptados. Los datos de velocidad del vehículo, velocidad y temperatura del motor, posición de la palanca de cambios y posición del pedal de embrague se procesan en el microcontrolador que a la vez muestra estos datos en una pantalla tft lcd, que también permite al conductor activar el sistema. El control eléctrico se realizó utilizando transistores que pueden manejar los 12 V con 5 V de señal del microcontrolador.

Palabras clave: Start-stop, Eficiencia energética, Microcontrolador, Arduino.

Implementation of the start-stop system

Abstract: The present titration work carried out the analysis of energy efficiency in relation to fuel consumption and emissions when implementing the start-stop system in the Hyundai Getz 1.6 vehicle by means of a control module developed on the basis of the arduino mega board, Which allows to emulate the operation of the system under certain conditions of operation of the vehicle that indicate the moment of shutdown and start of the combustion engine. The parameters for the start-stop activation were taken from the vehicle sensors and others that were adapted. The data of vehicle speed, engine speed and temperature, gear lever position and clutch pedal position are processed in the microcontroller which simultaneously displays this data on a tft lcd screen, which also allows the driver to activate the system. The electric control was done using transistors that can handle the 12 V with 5 V signal of the microcontroller.

Keywords: Start-stop, Energy efficiency, Microcontroller, Arduino.

1. INTRODUCCIÓN

La preservación del medio ambiente obliga a los diseñadores y constructores de automóviles a incluir en sus vehículos sistemas y dispositivos que permitan disminuir en gran medida las emisiones de gases contaminantes.

El sistema conocido como start-stop interrumpe el funcionamiento del motor al detectar la parada del vehículo, pero solo si el mismo cumple con algunos parámetros, o si no se compromete con la seguridad y comodidad de sus ocupantes.

A los sistemas de seguridad de los automóviles, que evitan lesiones en accidentes de tránsito, se unen los “eco amigables”, que hacen lo propio con enfermedades respiratorias. El ahorro de

1. cdrumiguano@espe.edu.ec
2. laquiroz@espe.edu.ec
3. jaaguilar6@espe.edu.ec

combustible se genera al parar el motor en situaciones tan frecuentes como, por ejemplo, al detenerse en un semáforo o en congestión vehicular. Las ventajas más importantes de este sistema, consisten en la reducción de las emisiones de gases contaminantes y la disminución del consumo de combustible.

2. METODOLOGÍA

Se realizó el levantamiento de requerimientos para identificar los componentes adicionales que necesitamos para implementar el sistema start-stop como son: batería, controlador electrónico, módulo de control, sensores de posición.

El diseño del sistema start-stop está conformado por la parte eléctrica y electrónica. El circuito eléctrico es aquel que controla los dispositivos de elevado consumo de corriente, tales como el motor de arranque y bobinas de encendido. El diseño electrónico se encarga de la automatización del sistema a partir de elementos semiconductores y pasivos mediante una placa de control. (Rumiguano, & Aguilar, 2017).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diseño Eléctrico

• Control de arranque

El control de arranque sustituye la funcionalidad de la llave de encendido mediante el uso de un relé, con una conexión en paralelo respecto del contacto de arranque del switch de encendido.

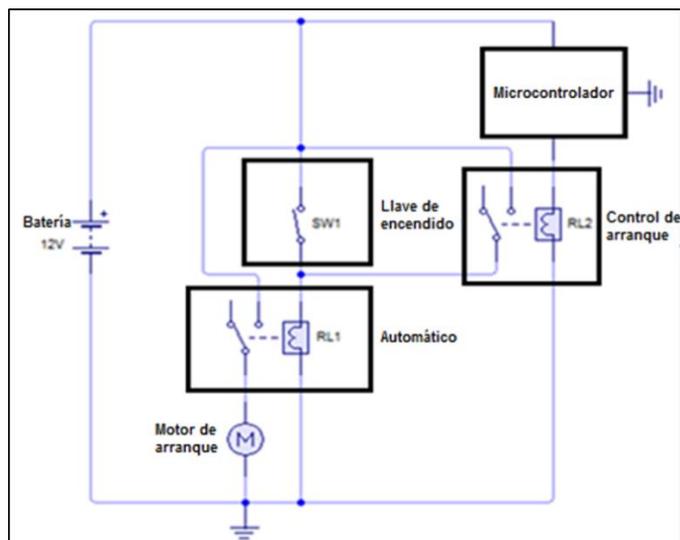


Figura 1. Circuito esquemático del control eléctrico de arranque

La intensidad de corriente que circula por el contacto móvil del control de arranque es la misma que circula por el bobinado del automático. Dicha corriente eléctrica se calculó considerando la resistencia de la bobina del inducido y el voltaje nominal de batería.

• Control de encendido

Este control permite desenergizar las bobinas de encendido cuando el vehículo se ha detenido, esto se consigue colocando un conmutador de tipo electromecánico entre la alimentación de las bobinas de encendido, que proviene de su fusible.

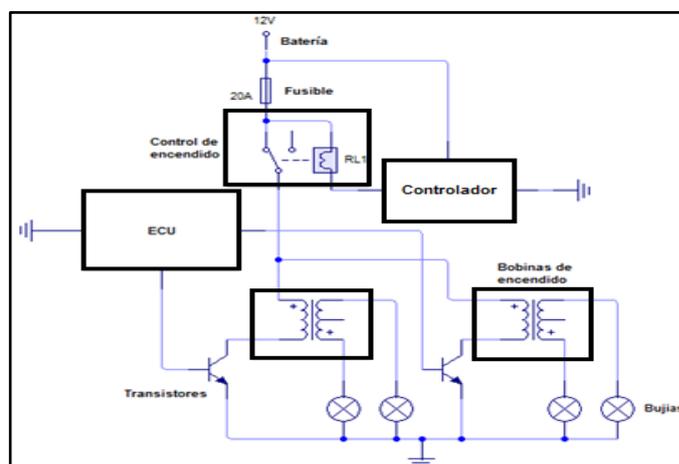


Figura 2. Circuito esquemático del control eléctrico de encendido

La corriente eléctrica que circula por el contacto móvil del control de encendido es igual a la que consumen las bobinas de encendido. Este valor de intensidad se obtuvo a partir del voltaje de la batería y el valor de la resistencia eléctrica del primario.

Diseño electrónico

El sistema electrónico realiza tres funciones. La primera es regular la tensión de alimentación para el microcontrolador de 12 V a 5 V. La segunda es recibir los datos de los sensores, señales analógicas tales como la temperatura del motor, voltaje de la batería y señales digitales que son los trenes de pulso de la velocidad del motor, vehículo, posición de la palanca de cambios y pedal de embrague. La tercera es controlar los dispositivos electromecánicos (relés) que comandan al sistema eléctrico, mediante el uso de semiconductores que soporten el nivel de voltaje y de corriente que activa a los actuadores.

a) Fuente de alimentación

Se controla el voltaje de batería del vehículo a 5 V con un regulador de tensión LM7805 que convierte voltajes desde 7 V a 35 V de entrada a 5 V constantes de salida, con una corriente máxima de 1,5 A.

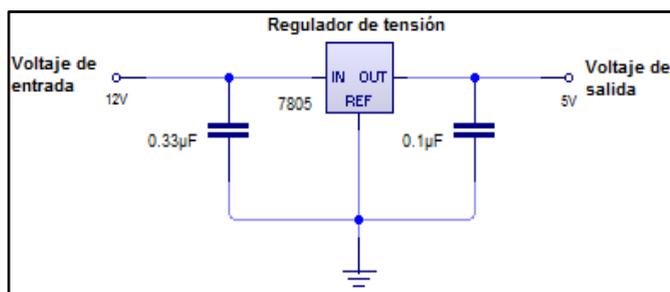


Figura 31. Circuito esquemático de la fuente de alimentación

Para utilizar este dispositivo en un sistema en el que existe ruido se recomienda incorporar un filtro electrónico conformado por dos condensadores de 0,33 µf y de 0,1 µf de tal manera que estabilice el voltaje de salida. El dispositivo regulador de tensión empleado utiliza un empaquetamiento de tipo TO-220 que consiste en un disipador de calor metálico que se conecta a tierra.

b) Señales analógicas

Las señales analógicas transmiten el nivel de voltaje (variable) del sensor al microcontrolador, en este sistema se utilizó las señales analógicas de temperatura del motor y voltaje de la batería.

• Señal de temperatura del motor

La señal de temperatura del motor (80° C) determina si el sistema puede apagarse automáticamente en la condición Stop, dicha señal se tomó del sensor ECT mediante una derivación del conductor de señal de la ECU hacia el microcontrolador.

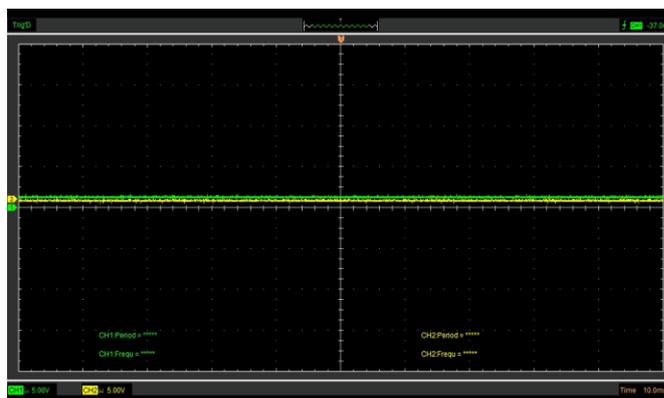


Figura 42. Oscilograma de la señal de temperatura del motor

• Señal de voltaje de la batería

Utilizando un divisor de tensión el microcontrolador determinó la carga existente en la batería, bajo dos condiciones de funcionamiento a partir de un voltaje bajo y alto, determinando que el vehículo debe encenderse de manera automática para iniciar el proceso de carga del acumulador.

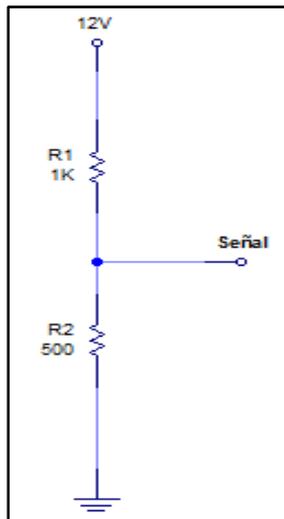


Figura 3. Circuito esquemático del sensor de batería

Se calculó el valor de las resistencias considerando la corriente de operación del microcontrolador, el voltaje máximo que puede alcanzar una batería en funcionamiento y el voltaje de alimentación del microcontrolador.

c) Señales digitales

El microcontrolador conoce el estado bajo o alto de los sensores de velocidad del motor, velocidad del vehículo, posición de la palanca de cambios y posición del pedal de embrague; estableciendo condiciones particulares de funcionamiento del sistema start-stop.

• Señal de velocidad del motor

La señal de velocidad del motor determina el régimen de giro, mediante un tren de pulsos que varía la frecuencia al cambiar la velocidad de rotación del motor, esta información es procesada por el microcontrolador. La señal obtenida del sensor CKP se tomó del tablero de instrumentos del vehículo que proviene de la ECU hacia una entrada digital del sistema de control que determine cambios de estado y relacione el valor del ancho de pulso en (μ s), con el valor de revoluciones del motor en (rpm) a diferentes regímenes.

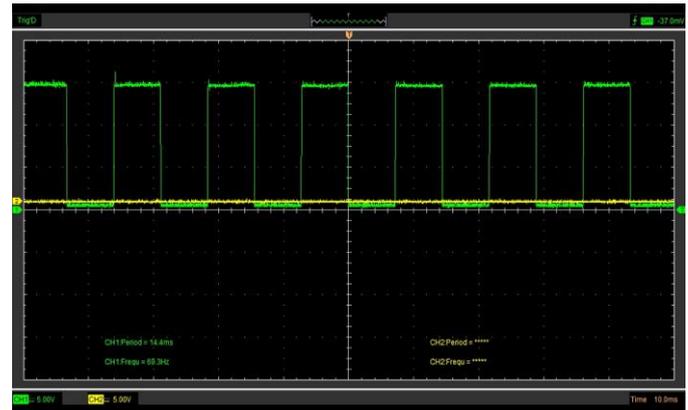


Figura 6. Oscilograma de la señal de velocidad del motor

• Señal de velocidad del vehículo

Señal que determina si el vehículo está detenido o en movimiento obtenida del sensor VSS que llega hacia al tablero de instrumentos del vehículo desde la ECU a una entrada digital del microcontrolador determinando el valor del tiempo de duración de los pulsos de tal forma de que se relacione el valor del tiempo de los pulsos con el valor de velocidad del vehículo.

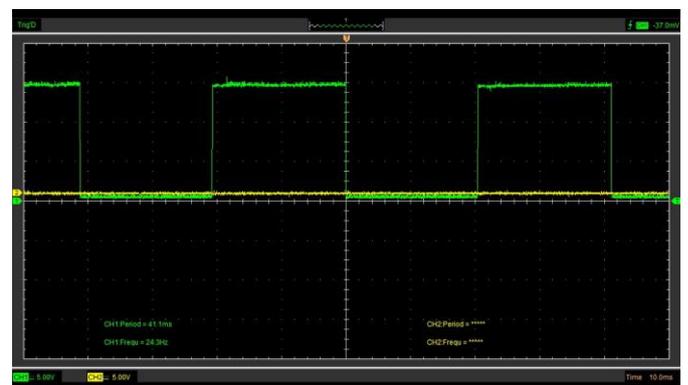


Figura 7. Oscilograma de la señal de velocidad del vehículo

La señal de velocidad del vehículo no posee un valor de frecuencia cuando tiende a cero, sino que muestra una línea recta con el nivel de voltaje máximo que puede alcanzar. El período empieza a aparecer apenas el vehículo empiece a moverse hacia adelante.

• Señal de posición de la palanca de cambios

Le permite al sistema identificar si la transmisión del vehículo se encuentra en la posición neutro, lo que determina una condición de

funcionamiento del start-stop, estado logrado a través de un sensor óptico infrarrojo reflectivo.

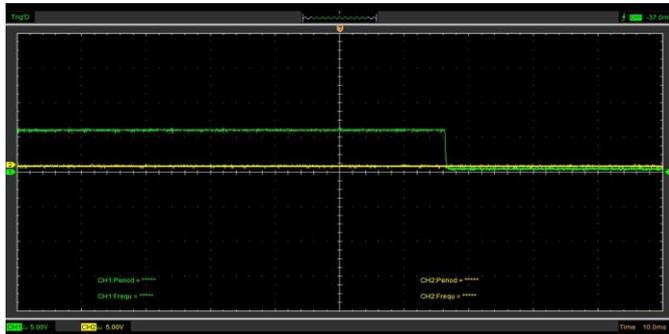


Figura 8. Oscilograma de la señal de posición de la palanca de cambios

Esta señal tiene un valor alto cuando se encuentra en posición neutral y pasa a un estado bajo cuando se ingresa una marcha. En la figura 8 se puede observar el cambio de nivel de tensión de alto a bajo, lo que se interpreta como un ingreso de marcha.

El fototransistor se activa cuando recibe la señal infrarroja reflejada del emisor o de otra fuente externa. Al tomar esta señal la base se satura haciendo que el transistor se polarice, logrando el paso de corriente entre el colector-emisor y de esta manera llevar la señal del sensor amplificada hacia el microcontrolador.

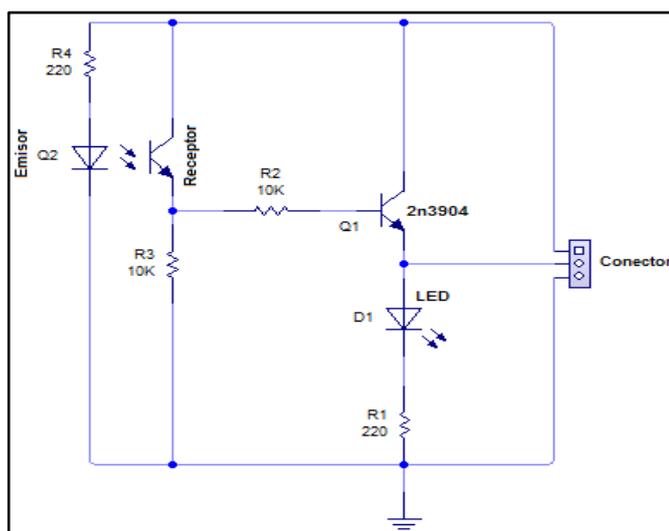


Figura 9. Circuito esquemático del sensor de la palanca de cambios

- **Señal de la posición del pedal de embrague**

Esta señal digital indica cuando el pedal de embrague se encuentra presionado o suelto. Esto se logra utilizando un final de carrera normalmente abierto.

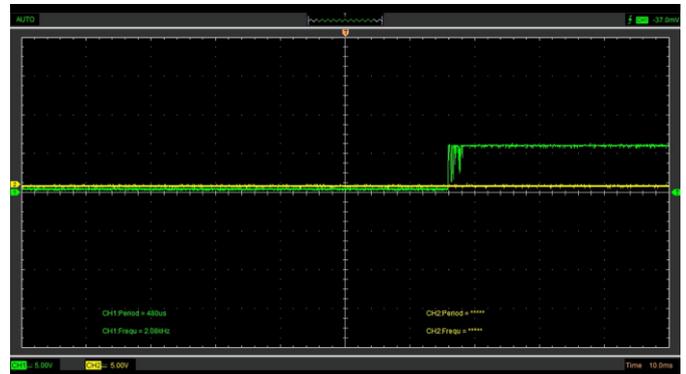


Figura 10. Oscilograma de la señal de posición del pedal de embrague

La señal de este sensor, que se muestra en la figura 10, pasa de un estado bajo a alto debido a que se encuentra conectado a tierra a través de una resistencia, esto significa que el pedal se encuentra levantado en un principio para luego ser presionado.

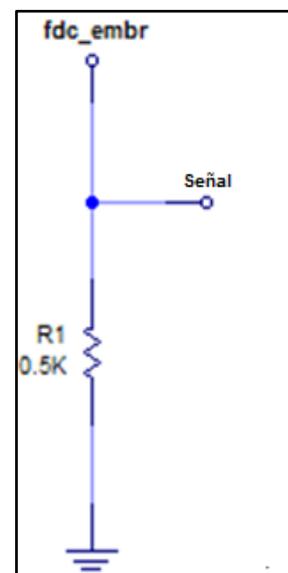


Figura 11. Circuito esquemático del sensor del pedal de embrague

Para limitar la corriente que va a circular desde el final de carrera hacia el microcontrolador, se usó una resistencia limitadora. El valor de esta resistencia se determinó.

d) Control electrónico de arranque

La activación del motor de arranque para encender el vehículo se controla electrónicamente, energizando un relevador cuando se cumplen las siguientes condiciones: motor de combustión interna apagado, vehículo detenido (velocidad cero), posición neutro de la palanca de cambios y pedal de embrague presionado.

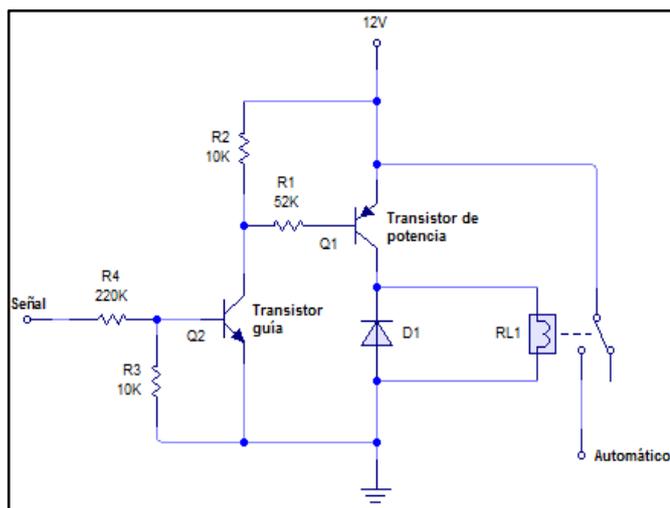


Figura 124. Circuito esquemático del control electrónico de arranque

Cuando la señal del microcontrolador es 5 V se genera una corriente en la base del transistor guía, este se satura y conduce. Al activarse el transistor guía genera una caída de tensión en su colector provocando que exista 0 V en la base del transistor de potencia y así éste se sature, lo cual permite que se energice la bobina del relé. Se utilizó un transistor TIP127 para el control del relé porque maneja corrientes de hasta 5 A.

Para la saturación del transistor de potencia se calculó la resistencia de base, previamente se determinó el valor de ganancia interpolando el valor de corriente del colector entre las intensidades superior e inferior que se encuentran en la curva de ganancia del transistor TIP127.

Se determinó la corriente que maneja el transistor guía a partir de la corriente que consume la resistencia de polarización más el amperaje de la resistencia entre la fuente y la señal.

e) Control electrónico de encendido

El corte del sistema de encendido para apagar el motor de combustión interna se controla electrónicamente, activando a un dispositivo electromagnético cuando se cumplen condiciones como: temperatura de funcionamiento de motor superior a 80 C, posición neutro de la palanca de cambios, sistema de embrague sin accionar, vehículo detenido (velocidad cero) y régimen de giro en ralentí (800 rpm).

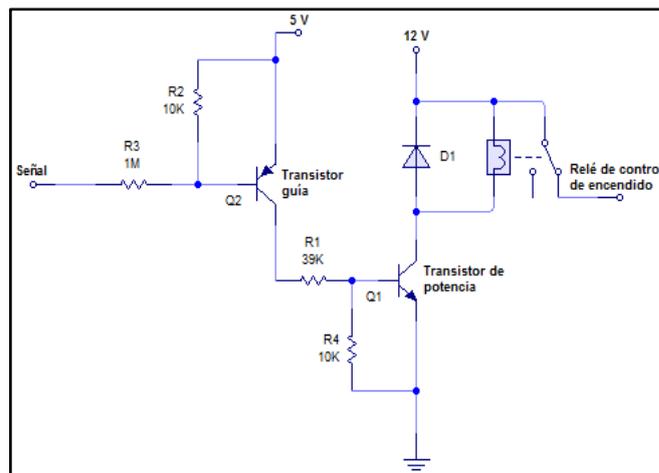


Figura 135. Circuito esquemático del control electrónico de encendido

Cuando existe una señal de 0 V en la salida del microcontrolador se satura la base del transistor guía. Al activarse el transistor guía permite el paso de corriente a través de su colector, provocando que exista 5 V en la base del transistor de potencia, el cual conduce y permite la energización del inducido del relé de control electrónico del sistema de encendido.

Para calcular la resistencia de polarización se empleó un valor de ganancia obtenido mediante la interpolación de la intensidad del colector que circula por el transistor TIP122.

El transistor guía se polariza mediante el uso de una resistencia conectada a su base. La corriente que maneja éste transistor es la intensidad que atraviesa la resistencia de base del transistor de potencia.

Selección del microcontrolador

Para seleccionar el microcontrolador se consideró los siguientes parámetros: velocidad del

microcontrolador, puertos analógicos y digitales de entrada, puertos digitales de salida y memoria.

La velocidad del microcontrolador determina si el dispositivo puede contar el tiempo más bajo que exista entre cada cambio de flancos de los trenes de pulsos de la velocidad del motor y del vehículo, del que se obtuvo el tiempo de pulso en el que el motor alcanza una velocidad de 6000 rpm, que es de 0,002 segundos.

Programación

Para programar en el microcontrolador Atmel 2560 de la placa arduino mega se aplicó un lenguaje de programación de alto nivel considerando puertos de entrada y salida, que tenga palabras reservadas y una sintaxis simplificada.

A partir de una variante de C++ optimizada para arduino, incluida en el entorno de desarrollo del microcontrolador, se reconoce automáticamente la declaración de puertos de entrada y salida, como “delay”, “tft.”, “millis()”, que permite ubicar sectores del microprocesador en funciones específicas como el tratamiento digital de señales y la utilización de memorias, sin la necesidad de conocer su arquitectura interna. En la figura 37 se muestra el diagrama de flujo de la programación del sistema start-stop.

Sistema de protección

Se protegió el sistema start-stop de carga excesiva de corriente, que puede producirse cuando el circuito consume más energía de la que necesita. Para ello se tomó en cuenta el consumo de intensidad de los relés, los componentes del circuito de control y del microcontrolador en conjunto con los sensores que no son parte del vehículo. En la tabla 26 se muestra el consumo de los ítems mencionados anteriormente.

La corriente de los relés es la obtenida en el diseño eléctrico, la corriente del circuito de control y del sensor de la palanca son la suma de las corrientes producidas por las resistencias empleadas, mientras que la corriente del microcontrolador se obtuvo de la hoja de datos.

4. CONCLUSIONES

- Se recopiló información científica que fundamente el desarrollo de la investigación propuesta.
- Se realizó el levantamiento de requerimientos de la implementación del sistema start-stop para conocer las condiciones iniciales de funcionamiento.
- Se implementó el sistema start-stop considerando el diseño simulado mediante software libre, validando lo propuesto, lo que permitió identificar de una manera precisa los requerimientos y necesidades del sistema.
- Dada las condiciones de funcionalidad del sistema start-stop, el número de accionamientos del motor de arranque se incrementa, lo que implica una mayor demanda de energía de la batería del vehículo en ruta especialmente en congestión, se reemplazó la batería cuyas características son: voltaje nominal de la batería de 12 V, capacidad de carga 60 (Ah), resistencia interna 5 (mΩ), corriente de arranque CA, 750 (A) capacidad de arranque en frío CCA 620 (A), capacidad de arranque en caliente HCA 900 (A) y capacidad de reserva 90 (min) que garantice los requerimientos energéticos del sistema.

REFERENCIAS

- Rumiguano, C., Aguilar, J. (2017). Investigación de la eficiencia energética en relación al consumo de combustible y emisiones al implementar el sistema start-stop en el vehículo Hyundai Getz 1,6, Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.