



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “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”**

**AUTORES: CRISTHIAN DENNIS RUMIGUANO JIMÉNEZ**

**JHONATAN ALEXIS AGUILAR SANTAMARÍA**

**DIRECTOR: ING. LEONIDAS QUIROZ MSc.**

**LATACUNGA**

**2017**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“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”** realizado por los señores **CRISTHIAN DENNIS RUMIGUANO JIMÉNEZ** y **JHONATAN ALEXIS AGUILAR SANTAMARÍA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **CRISTHIAN DENNIS RUMIGUANO JIMÉNEZ** y **JHONATAN ALEXIS AGUILAR SANTAMARÍA** para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 14 de agosto del 2017**

Ing. Leonidas Antonio Quiroz Erazo

**DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, **CRISTHIAN DENNIS RUMIGUANO JIMÉNEZ**, con cédula de ciudadanía N° 1722269501 y **JHONATAN ALEXIS AGUILAR SANTAMARÍA**, con cédula de identidad N° 1717410425 declaro que este trabajo de titulación “**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**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Latacunga, 14 de agosto del 2017**

-----  
Cristhian Dennis Rumiguano Jiménez

C.C.: 1722269501

-----  
Jhonatan Alexis Aguilar Santamaría

C.C.: 1717410425




**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**


**AUTORIZACIÓN**

Nosotros **CRISTHIAN DENNIS RUMIGUANO JIMÉNEZ** y **JHONATAN ALEXIS AGUILAR SANTAMARÍA**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en el repositorio institucional el trabajo de titulación “**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**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

**Latacunga, 14 de agosto del 2017**

  
-----  
Cristhian Dennis Rumiguano Jiménez

C.C.: 1722269501

  
-----  
Jhonatan Alexis Aguilar Santamaría

C.C.: 1717410425

## DEDICATORIA

*A DIOS por permitirme terminar una meta más en mi vida, por todas sus bendiciones derramadas a lo largo de esta etapa y brindarme la confianza necesaria para día a día trabajar por alcanzar mi sueño.*

*Este camino no se hubiese forjado si no existiera el apoyo incondicional de mis queridos padres **RUMIGUANO VARGAS PABLO ANIBAL - JIMÉNEZ POZO NORIS ISABEL**, que con todo su amor y esfuerzo me enseñaron a valorar el trabajo y su importancia para la vida.*

*A mis hermanos **ROBINSON, LISETH, MATEO** y mi tía **GLORIA** por ser siempre la fuente de inspiración que necesito para cumplir lo anhelado.*

*A la memoria de mi abuelita **ORFELINA** a quien **DIOS** puso en mi camino para enseñarme el significado de “amar a alguien sin esperar nada a cambio”.*

**CRISTHIAN DENNIS RUMIGUANO JIMÉNEZ**

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, quien me dio fuerzas para seguir adelante, a mis padres, Mario Aguilar y Susana Santamaría por el apoyo que día a día me supieron empujar para salir adelante, a mi hermano Darwin Aguilar por sus consejos y apoyo incondicional, logré terminar mis estudios satisfactoriamente.

*"El dinero viene y va, pero las personas que están alrededor tuyo, valdrán por siempre".*

*Jhonatan Alexis Aguilar Santamaria*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco la vida que DIOS me ha dado y las experiencias que me ha otorgado hasta ahora, ya que gracias a ello vemos la vida de otra manera.*

*A mis amados padres PABLO ANIBAL RUMIGUANO VARGAS - NORIS ISABEL JIMÉNEZ POZO, que con sus sabios consejos y sus mejores deseos me llenan de fortaleza para avanzar en el camino fijado.*

*A mis hermanos ROBINSON, LISETH, MATEO y mi tía GLORIA por brindarme su apoyo de manera incondicional en todo momento.*

*A mí querida novia "PANCHITA" por todo ese amor y experiencias únicas que me otorgó a lo largo de esta etapa.*

**CRISTHIAN DENNIS RUMIGUANO JIMÉNEZ**

## AGRADECIMIENTO

Me faltarían palabras para agradecer a Dios por el camino que me dio, a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional, consejos que día a día me motivaron para seguir adelante, cumpliendo un objetivo más en mi vida.

A mis profesores Ing. Germán Erazo, más que un profesor es un amigo, que con sus sabios conocimientos pude plantearme una meta en la vida, al Ing. Leonidas Quiroz, quien con su sabiduría me guio en este proyecto a ser desarrollado.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por la formación académica brindada y los conocimientos adquiridos en este tiempo.

A mi amada Paulina Amanda por siempre estar a mi lado.

*"Más vale un burro bien dormido que un genio amanecido".*

*Jhonatan Alexis Aguilar Santamaria*



## ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA .....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN (PUBLICACIÓN BIBLIOTECA VIRTUAL) .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xxi
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xxvii
RESUMEN .....	xxviii
ABSTRACT .....	xxix

### CAPÍTULO I

<b>GENERALIDADES</b> .....	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	5
1.3 Descripción resumida de la investigación .....	7
1.4 Justificación e importancia .....	8
1.4.1 Teórica .....	8
1.4.2 Metodológica .....	9
1.4.3 Práctica .....	9

1.5	Objetivos .....	9
1.5.1	Objetivo general .....	9
1.5.2	Objetivos específicos .....	10
1.6	Metas .....	10
1.7	Hipótesis .....	10
1.8	Variables de investigación .....	11
1.9	Metodología de desarrollo del proyecto .....	12

## **CAPÍTULO II**

	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1	Funcionamiento del sistema .....	16
2.2	Componentes eléctricos del sistema.....	17
2.2.1	Motor de arranque.....	17
2.2.2	Batería .....	20
2.2.3	Relés.....	20
2.2.4	Fusibles.....	22
2.3	Componentes electrónicos del sistema.....	22
2.3.1	Unidad de control.....	22
2.3.2	Sensor CKP .....	23
2.3.3	Sensor de temperatura .....	24
2.3.4	Sensor de posición de la palanca de cambios .....	25
2.3.5	Sensores de posición del pedal de embrague .....	25
2.3.6	Sensor de voltaje de batería .....	26
2.3.7	Diodo.....	27

2.3.8	Transistores .....	27
2.3.9	Regulador de tensión .....	29
2.4	Equipos .....	30
2.4.1	Banco dinamométrico .....	31
2.4.2	Analizador de gases.....	32
2.4.3	Bomba presurizadora de combustible.....	33
2.4.4	Comprobador de baterías .....	34
2.5	Metodología de pruebas dinámicas .....	34
2.5.1	Ciclo NEDC.....	35
2.5.2	Ciclo ruta.....	36

### **CAPÍTULO III**

	<b>IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA START-STOP.....</b>	<b>38</b>
3.1	Levantamiento de requerimientos .....	38
3.1.1	Batería .....	38
3.1.2	Elementos de control eléctrico .....	40
3.1.3	Controlador electrónico .....	40
3.1.4	Módulo de control electrónico .....	40
3.1.5	Sensor de la palanca de cambios .....	41
3.1.6	Sensor de embrague.....	41
3.2	Diseño.....	42
3.2.1	Diseño Eléctrico .....	42
3.2.2	Diseño electrónico.....	45
3.3	Selección del microcontrolador .....	65

3.4	Procesamiento de la información .....	67
3.4.1	Adquisición de datos .....	67
3.4.2	Procesamiento de datos .....	67
3.5	Programación.....	68
3.6	Sistema de protección.....	70
3.7	Diseño y fabricación de placas .....	70
3.7.1	Fabricación de placas .....	74
3.8	Montaje del sistema .....	75

## **CAPÍTULO IV**

	<b>PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>78</b>
4.1	Introducción .....	77
4.2	Lineamientos iniciales para pruebas .....	77
4.2.1	Afinación del vehículo .....	77
4.2.2	Calibración del equipo de medición de emisiones .....	78
4.2.3	Regulación del equipo de medición de consumo de combustible .....	80
4.2.4	Consideraciones previas a las pruebas .....	80
4.3	Procedimientos de las pruebas.....	81
4.3.1	NEDC.....	82
4.3.2	Ruta .....	83
4.3.3	Comprobación de la batería.....	83
4.4	Consumo de combustible.....	85
4.5	Emisiones .....	86
4.5.1	NEDC – Estándar.....	86

4.5.2	NEDC – Start stop.....	89
4.5.3	Ruta - Estándar .....	91
4.5.4	Ruta – Start stop .....	94
4.6	Estado de la batería .....	96
4.6.1	Vida útil de la batería .....	96
4.6.2	Caída de tensión durante el arranque.....	97
4.6.3	Consumo de corriente.....	98
4.7	Análisis de resultados .....	99
4.7.1	Análisis comparativo de consumo de combustible utilizando el ciclo NEDC en modo estándar y con la implementación del sistema start-stop.....	99
4.7.2	Análisis comparativo de consumo de combustible utilizando el ciclo ruta en modo estándar y con la implementación del sistema start-stop.....	100
4.7.3	Análisis comparativo de rendimiento de combustible utilizando el ciclo NEDC en modo estándar y con la implementación del sistema start-stop.....	101
4.7.4	Análisis comparativo de rendimiento de combustible utilizando el ciclo ruta en modo estándar y con la implementación del sistema start-stop.....	102
4.7.5	Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo NEDC en modo estándar .....	103
4.7.6	Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo NEDC con la implementación del sistema start-stop .....	106

4.7.7	Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo ruta en modo estándar a las 09:00.....	109
4.7.8	Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo ruta con la implementación del sistema start-stop a las 09:00....	112
4.7.9	Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo ruta en modo estándar a las 11:00.....	115
4.7.10	Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo ruta con la implementación del sistema start-stop a las 11:00....	118
4.7.11	Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo ruta en modo estándar a las 15:00.....	121
4.7.12	Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo ruta con la implementación del sistema start-stop a las 15:00....	124

## **CAPÍTULO V**

	<b>MARCO ADMINISTRATIVO.....</b>	<b>128</b>
5.1	Factibilidad de la investigación .....	127
5.1.1	Recursos materiales .....	127
5.1.2	Talento humano .....	128
5.1.3	Recurso financiero .....	128
5.2	Título de la propuesta .....	131
5.2.1	Estructura de la propuesta .....	132
5.2.2	Desarrollo de la propuesta .....	132
5.2.3	Influencia socioeconómica de la propuesta .....	132

<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>136</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>141</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>142</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>146</b>
ANEXO A	CATÁLOGO DE RELEVADORES BOSCH
ANEXO B	CONDUCTORES ELÉCTRICOS
ANEXO C	REGULADOR DE VOLTAJE LM7805
ANEXO D	SENSOR REFLECTIVO RPR220
ANEXO E	TRANSISTOR 2N3904
ANEXO F	TRANSISTORES TIP122 Y TIP127
ANEXO G	TRANSISTOR 2N3906
ANEXO H	MICROCONTROLADOR ATMEGA 2560
ANEXO I	AFINACIÓN DEL MOTOR
ANEXO J	PRUEBAS EN DINAMÓMETRO DE EMISIONES DE GASES – ESTÁNDAR
ANEXO K	PRUEBAS EN DINAMÓMETRO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE – ESTÁNDAR
ANEXO L	PRUEBAS EN RUTA DE EMISIONES DE GASES – ESTÁNDAR
ANEXO M	PRUEBAS EN RUTA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE – ESTÁNDAR

ANEXO N PRUEBAS EN DINAMÓMETRO DE EMISIONES DE GASES –  
START STOP

ANEXO O PRUEBAS EN DINAMÓMETRO DE CONSUMO DE  
COMBUSTIBLE – START STOP

ANEXO P PRUEBAS EN RUTA DE EMISIONES DE GASES – START STOP

ANEXO Q PRUEBAS EN RUTA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE – START  
STOP



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Variable dependiente: Contaminación ambiental.....	11
Tabla 2.	Variable independiente: Eficiencia energética y sistema start-stop.....	11
Tabla 3.	Metodología, instrumentación y laboratorios donde se llevará a cabo el proyecto.....	13
Tabla 4.	Ficha técnica del automóvil.....	30
Tabla 5.	Datos técnicos del equipo LPS 3000.....	31
Tabla 6.	Datos técnicos del analizador de gases on board .....	33
Tabla 7.	Ciclo de ensayo NEDC .....	35
Tabla 8.	Distancias del ciclo ruta .....	37
Tabla 9.	Cálculo de potencia mínima necesaria en el motor de arranque .....	38
Tabla 10.	Cálculo de consumo de corriente promedio del sistema start-stop..	39
Tabla 11.	Ficha técnica de la batería.....	39
Tabla 12.	Cálculo del diseño eléctrico .....	44
Tabla 13.	Variación del voltaje del sensor ECT en función de la temperatura .	47
Tabla 14.	Cálculo de resistencias del sensor de batería.....	49
Tabla 15.	Relación período del sensor CKP con la velocidad del motor .....	52
Tabla 16.	Relación de período del sensor VSS con la velocidad del vehículo.....	54
Tabla 17.	Características del sensor óptico.....	57
Tabla 18.	Cálculo de la resistencia limitadora del sensor óptico.....	57
Tabla 19.	Cálculo de la resistencia limitadora del sensor de embrague .....	60

Tabla 20. Corriente del colector para transistor guía del arranque .....	61
Tabla 21. Corriente del colector para transistor guía del encendido .....	63
Tabla 22. Cálculo de resistencias de base de los transistores .....	63
Tabla 23. Cálculo de ganancia de transistores .....	64
Tabla 24. Cálculo de frecuencia de trabajo del microcontrolador .....	65
Tabla 25. Parámetros de selección del microcontrolador .....	66
Tabla 26. Cálculo de protección carga excesiva de corriente .....	70
Tabla 27. Pruebas de consumo de combustible utilizando el protocolo de conducción NEDC .....	85
Tabla 28. Pruebas de consumo de combustible utilizando el protocolo de conducción ruta .....	85
Tabla 29. Resultados de la prueba de caída de tensión .....	97
Tabla 30. Comparación del porcentaje de CO <sub>2</sub> , ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo NEDC en modo estándar .....	104
Tabla 31. Comparación del porcentaje de CO, O <sub>2</sub> en función del tiempo utilizando el ciclo NEDC en modo estándar .....	105
Tabla 32. Comparación del porcentaje de CO <sub>2</sub> , ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo NEDC en modo start-stop .....	107
Tabla 33. Comparación del porcentaje de CO, O <sub>2</sub> en función del tiempo utilizando el ciclo NEDC en modo start-stop .....	108
Tabla 34. Comparación del porcentaje de CO <sub>2</sub> , ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 09:00 en modo estándar ...	110
Tabla 35. Comparación del porcentaje de CO, O <sub>2</sub> en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 09:00 en modo estándar .....	111

Tabla 36. Comparación del porcentaje de CO <sub>2</sub> , ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 09:00 con el sistema start-stop .....	113
Tabla 37. Comparación del porcentaje de CO, O <sub>2</sub> en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 09:00 con el sistema start-stop.....	114
Tabla 38. Comparación del porcentaje de CO <sub>2</sub> , ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 11:00 en modo estándar ...	116
Tabla 39. Comparación del porcentaje de CO, O <sub>2</sub> en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 11:00 en modo estándar.....	117
Tabla 40. Comparación del porcentaje de CO <sub>2</sub> , ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 11:00 con el sistema start-stop.....	119
Tabla 41. Comparación del porcentaje de CO, O <sub>2</sub> en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 11:00 con el sistema start-stop.....	120
Tabla 42. Comparación del porcentaje de CO <sub>2</sub> , ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 15:00 en modo estándar ...	122
Tabla 43. Comparación del porcentaje de CO, O <sub>2</sub> en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 15:00 en modo estándar.....	123
Tabla 44. Comparación del porcentaje de CO <sub>2</sub> , ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 15:00 con el sistema start-stop .....	125
Tabla 45. Comparación del porcentaje de CO, O <sub>2</sub> en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 15:00 con el sistema start-stop.....	126
Tabla 46. Recursos materiales .....	127

Tabla 47. Recursos humanos .....	128
Tabla 48. Implementación del módulo de control .....	128
Tabla 49. Implementación del módulo de procesamiento de datos .....	129
Tabla 50. Implementación del módulo de potencia .....	130
Tabla 51. Equipos tecnológicos.....	131
Tabla 52. Pruebas para la investigación.....	131
Tabla 53. Costos de la implementación del sistema start-stop .....	133
Tabla 54. Costos del trabajo del sistema start-stop.....	133
Tabla 55. Plan de costos y flujo de caja .....	134

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Concentraciones medias de CO (mg/m <sup>3</sup> ).....	2
Figura 2.	Concentraciones medias de NO <sub>x</sub> (ug/m <sup>3</sup> ) .....	2
Figura 3.	Número de viajes por día atraídos en transporte privado .....	3
Figura 4.	Av. Velasco Ibarra con dirección hacia el norte .....	4
Figura 5.	Diagrama causa y efecto .....	6
Figura 6.	Funcionamiento del start-stop.....	16
Figura 7.	Esquema de funcionamiento del relé.....	21
Figura 8.	Ubicación del sensor CKP .....	23
Figura 9.	Curva característica de un sensor NTC .....	25
Figura 10.	Configuración de polarización base-emisor .....	27
Figura 11.	Diagrama de bloques de una fuente con circuito integrado .....	30
Figura 12.	Banco dinamométrico LPS 3000.....	31
Figura 13.	Bomba presurizadora de combustible.....	33
Figura 14.	Comprobador de baterías .....	34
Figura 15.	Elementos de control eléctrico.....	40
Figura 16.	Módulo de desarrollo de control electrónico .....	40
Figura 17.	Dispositivo de control electrónico.....	41
Figura 18.	Sensor óptico de posición.....	41
Figura 19.	Sensor mecánico de posición .....	41
Figura 20.	Circuito esquemático del control eléctrico de arranque .....	42
Figura 21.	Circuito esquemático del control eléctrico de encendido .....	43
Figura 22.	Circuito esquemático de la fuente de alimentación.....	45

Figura 23.	Oscilograma de la señal de temperatura del motor .....	46
Figura 24.	Curva característica del sensor ECT, Hyundai Getz.....	48
Figura 25.	Circuito esquemático del sensor de batería.....	49
Figura 26.	Curva de relación entre los voltajes del sensor y de la batería .....	50
Figura 27.	Oscilograma de la señal de velocidad del motor.....	51
Figura 28.	Curva característica del sensor CKP, Hyundai Getz.....	53
Figura 29.	Oscilograma de la señal de velocidad del vehículo .....	53
Figura 30.	Curva característica del sensor VSS, Hyundai Getz.....	55
Figura 31.	Oscilograma de la señal de posición de la palanca de cambios ...	55
Figura 32.	Circuito esquemático del sensor de la palanca de cambios .....	56
Figura 33.	Oscilograma de la señal de posición del pedal de embrague .....	59
Figura 34.	Circuito esquemático del sensor del pedal de embrague .....	59
Figura 35.	Circuito esquemático del control electrónico de arranque .....	60
Figura 36.	Circuito esquemático del control electrónico de encendido .....	62
Figura 37.	Diagrama de flujo de la programación .....	69
Figura 38.	Diagrama de flujo del diseño y fabricación de placas .....	71
Figura 39.	Diseño completo del circuito electrónico.....	72
Figura 40.	Diseño de placa del circuito completo y el sensor .....	73
Figura 41.	Circuito impreso del diseño esquemático .....	73
Figura 42.	Baquelita sumergida en ácido.....	74
Figura 43.	Proceso de suelda y placas finalizadas .....	74
Figura 44.	Ubicación del final de carrera del embrague.....	75
Figura 45.	Montaje y conexión de las placas .....	75
Figura 46.	Montaje y conexión del microcontrolador.....	76

Figura 47.	Diagrama de flujo de la afinación del vehículo.....	78
Figura 48.	Flujograma de la calibración del equipo para emisiones de gases .....	79
Figura 49.	Flujograma de la regulación del equipo para consumo de combustible.....	80
Figura 50.	Diagrama de flujo de las consideraciones previas a las pruebas .....	81
Figura 51.	Diagrama de flujo del procedimiento de pruebas en dinamómetro .....	82
Figura 52.	Diagrama de flujo del procedimiento para pruebas en ruta .....	83
Figura 53.	Diagrama de flujo para comprobar el estado de la batería .....	84
Figura 54.	CO <sub>2</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC - Estándar.....	86
Figura 55.	CO VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC - Estándar .....	87
Figura 56.	HC VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC - Estándar .....	87
Figura 57.	O <sub>2</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC - Estándar .....	88
Figura 58.	NO <sub>x</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC - Estándar .....	88
Figura 59.	CO <sub>2</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Start Stop.....	89
Figura 60.	CO VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Start Stop.....	89
Figura 61.	HC VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Start Stop.....	90
Figura 62.	O <sub>2</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Start Stop.....	90
Figura 63.	NO <sub>x</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Start Stop.....	91
Figura 64.	CO <sub>2</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta – Estándar.....	91
Figura 65.	CO VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta - Estándar.....	92
Figura 66.	HC VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta - Estándar.....	92

Figura 67.	O <sub>2</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta - Estándar .....	93
Figura 68.	NO <sub>x</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta - Estándar.....	93
Figura 69.	CO <sub>2</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta – Start Stop .....	94
Figura 70.	CO VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta – Start Stop .....	94
Figura 71.	HC VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta – Start Stop.....	95
Figura 72.	O <sub>2</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta – Start Stop.....	95
Figura 73.	NO <sub>x</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta – Start Stop.....	96
Figura 74.	Resultado de la prueba de vida útil de la batería .....	97
Figura 75.	Resultado de la prueba de consumo de corriente.....	98
Figura 76.	Comparación entre resultados de consumo de combustible, ciclo NEDC.....	99
Figura 77.	Comparación entre resultados de consumo de combustible, ciclo ruta.....	100
Figura 78.	Comparación entre resultados de rendimiento de combustible, ciclo NEDC.....	101
Figura 79.	Comparación entre resultados de rendimiento de combustible, ciclo ruta.....	102
Figura 80.	Relación entre el CO <sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo NEDC en modo estándar .....	103
Figura 81.	Relación entre el CO y O <sub>2</sub> utilizando el ciclo NEDC en modo estándar .....	104
Figura 82.	Relación del NO <sub>x</sub> utilizando el ciclo NEDC en modo estándar....	105
Figura 83.	Relación entre el CO <sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo NEDC con el sistema start-stop .....	106



Figura 84.	Relación entre el CO y O <sub>2</sub> utilizando el ciclo NEDC con el sistema start-stop .....	107
Figura 85.	Relación del NO <sub>x</sub> utilizando el ciclo NEDC con el sistema start-stop.....	108
Figura 86.	Relación entre el CO <sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo ruta a las 09:00 en modo estándar.....	109
Figura 87.	Relación entre el CO y O <sub>2</sub> utilizando el ciclo ruta a las 09:00 en modo estándar.....	110
Figura 88.	Relación del NO <sub>x</sub> utilizando el ciclo ruta a las 09:00 en modo estándar .....	111
Figura 89.	Relación entre el CO <sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo ruta a las 09:00 con el sistema start-stop.....	112
Figura 90.	Relación entre el CO y O <sub>2</sub> utilizando el ciclo ruta a las 09:00 con el sistema start-stop.....	113
Figura 91.	Relación del NO <sub>x</sub> utilizando el ciclo ruta a las 09:00 con el sistema start-stop .....	114
Figura 92.	Relación entre el CO <sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo ruta a las 11:00 en modo estándar.....	115
Figura 93.	Relación entre el CO y O <sub>2</sub> utilizando el ciclo ruta a las 11:00 en modo estándar.....	116
Figura 94.	Relación del NO <sub>x</sub> utilizando el ciclo ruta a las 11:00 en modo estándar .....	117
Figura 95.	Relación entre el CO <sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo ruta a las 11:00 con el sistema start-stop.....	118

Figura 96. Relación entre el CO y O <sub>2</sub> utilizando el ciclo ruta a las 11:00 con el sistema start-stop.....	119
Figura 97. Relación del NO <sub>x</sub> utilizando el ciclo ruta a las 11:00 con el sistema start-stop .....	120
Figura 98. Relación entre el CO <sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo ruta a las 15:00 en modo estándar.....	121
Figura 99. Relación entre el CO y O <sub>2</sub> utilizando el ciclo ruta a las 15:00 en modo estándar .....	122
Figura 100. Relación del NO <sub>x</sub> utilizando el ciclo ruta a las 15:00 en modo estándar .....	123
Figura 101. Relación entre el CO <sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo ruta a las 15:00 con el sistema start-stop.....	124
Figura 102. Relación entre el CO y O <sub>2</sub> utilizando el ciclo ruta a las 15:00 con el sistema start-stop.....	125
Figura 103. Relación del NO <sub>x</sub> utilizando el ciclo ruta a las 15:00 con el sistema start-stop .....	126
Figura 104. Cálculo del VAN y TIR del proyecto.....	135

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.	Potencia mínima del motor de arranque .....	18
Ecuación 2.	Par resistente del motor .....	18
Ecuación 3.	Potencia al freno .....	19
Ecuación 4.	Potencia para arrancar el motor térmico .....	19
Ecuación 5.	Potencia consumida por el motor al arranque .....	19
Ecuación 6.	Ley de Ohm.....	21
Ecuación 7.	Potencia eléctrica .....	22
Ecuación 8.	Frecuencia.....	24
Ecuación 9.	Interpolación.....	26
Ecuación 10.	Corriente de la resistencia de base .....	28
Ecuación 11.	Corriente en el colector .....	28
Ecuación 12.	Resistencia base del transistor.....	29

## 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. Finalmente se realizaron pruebas de consumo de combustible y emisiones de gases, utilizando el ciclo de conducción europeo (NEDC) simulado en el banco dinamométrico maha Ips 3000 y el ciclo en ruta ejecutado en el hipercentro de la ciudad de Quito, con lo que se logró evidenciar que al implementar el sistema start-stop el vehículo presento una reducción de consumo de combustible.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **EFICIENCIA ENERGÉTICA**
- **EMISIONES**
- **CONSUMO DE COMBUSTIBLE**
- **DINAMOMÉTRICO**
- **NEDC**

## ABSTRACT

The present titration work did make the energy efficiency analysis about the relation between the fuel consumption and exhaust emissions when start-stop system is implemented in the Hyundai Getz 1,6 vehicle was made by means of a control module developed on the basis of the arduino mega board, it lets to emulate the system functioning under certain vehicle operation conditions that point the moment the combustion engine is switched off and started. The start-stop activation parameters were taken from the vehicle sensors and other that were adapted. The vehicle speed, engine speed and temperature, the gear lever and clutch pedal position data are processed in the microcontroller, at the same time this information is displayed on a tft lcd screen, it also lets the driver to activate the system. The electronic controller was made using trasistors that can drive 12V with 5V of microcontroller signal. Finally, fuel consumption and exhaust emissions test were performed, using the european driveing cycle (NEDC) simulated on the dynamometer bench maha lps 3000 and the rode cycle executed on the Quito city hypercenter streets, with which it was possible to evidence that qhen the start-stop system is implemented, the vehicle showed a fuel consumption reduction.

### KEY WORDS:

- ENERGY EFFICIENCY
- EMISSIONS
- FUEL CONSUMPTION
- DYNAMOMETRICO
- NEDC

# CAPÍTULO I

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes

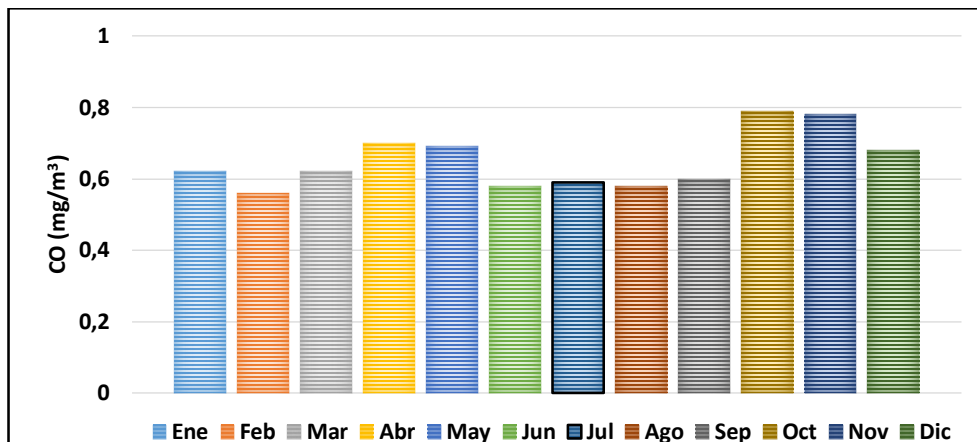
El (Ministerio del ambiente, 2010) en su plan nacional de calidad del aire menciona que el 76% de la contaminación atmosférica proviene de los vehículos y el 24% restante de la industria, la generación eléctrica y de fuentes naturales como los volcanes. Según datos del (INEC, 2014) el parque automotor de la provincia de Pichincha es el más grande del país.

En su estudio realizado (Jaimes, López & Rico, 2001), comentan que:

En la última década, las fuentes móviles han aparecido de forma masiva en las ciudades, incrementando los problemas de contaminación atmosférica como consecuencia de los gases contaminantes que se emiten. Los principales contaminantes lanzados por los automóviles son: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) e hidrocarburos (HC).

La edición (EL COMERCIO, 2014) señala que en Quito se emite cada año 5,1 millones de toneladas de gases de efecto invernadero a la atmósfera. De este total, 2,8 millones de toneladas de dióxido de carbono son producidas por el transporte público y particular. La (Secretaría de Ambiente del DMQ, 2015) en su informe anual indica que las emisiones de monóxido de carbono en la ciudad son en su gran mayoría provenientes del tráfico vehicular de automotores de gasolina.

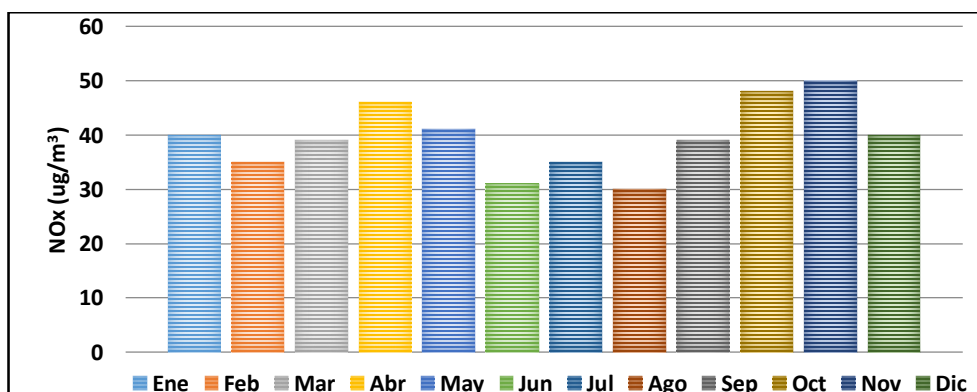
Durante el año 2015, los meses con mayores concentraciones de monóxido de carbono en el aire fueron los meses de abril, mayo, octubre y noviembre donde se reportaron las menores temperaturas entre las 6 y las 7 de la mañana.



**Figura 1. Concentraciones medias de CO (mg/m<sup>3</sup>)**

**Fuente:** (Secretaría de Ambiente del DMQ, 2015)

Las emisiones de NO<sub>x</sub> en la ciudad provienen principalmente del tráfico vehicular. Estas emisiones contienen óxidos de nitrógeno donde aproximadamente el 80% es monóxido de nitrógeno (NO). Sin embargo, este se transforma rápidamente a dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). La proporción de NO<sub>2</sub> en el NO<sub>x</sub> aumenta cuando existe mayor ozono en el ambiente. Debido a que este acelera el proceso químico donde el NO se convierte en NO<sub>2</sub>. Los valores más altos mensuales de los óxidos de nitrógeno se los registraron durante abril, octubre y noviembre, períodos de lluvias y bajas temperaturas. Se registraron los valores más bajos en agosto debido al menor tráfico.

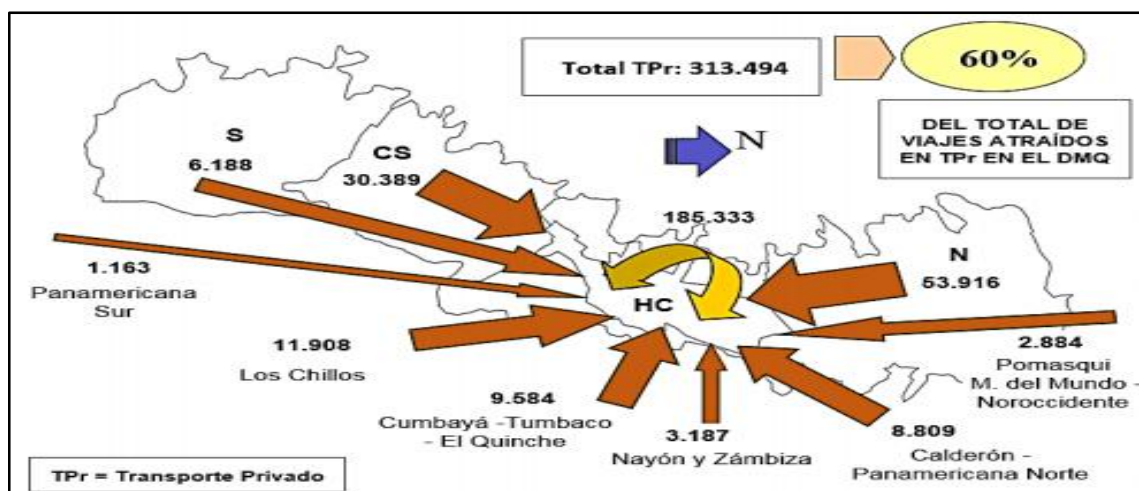


**Figura 2. Concentraciones medias de NO<sub>x</sub> (ug/m<sup>3</sup>)**

**Fuente:** (Secretaría de Ambiente del DMQ, 2015)

La (Secretaría de movilidad del DMQ, 2014), en su plan metropolitano de desarrollo territorial, menciona que:

El hipercentro de Quito, es la zona donde se concentra la mayor cantidad de equipamientos urbanos públicos y privados, así como fuentes de trabajo, es la que mayor atracción de viajes genera en el DMQ. En donde se indica que el 46,5% del total de viajes atraídos en transporte público en el DMQ se realiza hasta esta zona; así como también el 60% de los viajes atraídos en transporte privado; y de estos más de la mitad se originan dentro de la misma zona, como se muestra en la figura 3.



**Figura 3. Número de viajes por día atraídos en transporte privado**

**Fuente:** (Secretaría de movilidad del DMQ, 2014)

En el transcurso de los últimos 6 años, la velocidad media general de circulación en el sistema vial del DMQ ha experimentado un descenso, pasando de 19 km/h a 14,1 km/h, indicador que refleja las deficiencias que presenta la red vial principal metropolitana y de manera especial las de acceso a la ciudad de Quito. Las circunstancias antes referidas se ven reflejadas como resultado de los altos niveles de congestión, causados a su vez por el excesivo número de vehículos en el sistema vial cuya capacidad está siendo superada, razón por la cual se producen dichos congestionamientos manifestados principalmente en las horas pico del día, generando la disminución de la velocidad de circulación y los consecuentes incrementos en los tiempos de viaje.



Mencionadas condiciones disminuyen la calidad de vida de los ciudadanos, tanto por la pérdida de tiempo, que puede ser utilizado en actividades positivas de interés de cada persona, como en lo económico por cuanto esos tiempos disminuyen la capacidad productiva.



**Figura 4. Av. Velasco Ibarra con dirección hacia el norte**

**Fuente:** (Secretaría de movilidad del DMQ, 2014)

En su investigación (Mosquera R, 2010), expone que:

La creciente saturación de la red vial conlleva un aumento del tiempo de desplazamiento. En el plan maestro se estima que hoy en día, en promedio, una persona destina 1,7 veces más tiempo que el óptimo para cualquier recorrido en la ciudad. Para una persona que viaja en promedio 25 km diarios, si se asume que demora 1,7 minutos adicionales por kilómetro se tiene que al año (sin contar los fines de semana) ha perdido 185 horas por la congestión vehicular, que a USD 2 la hora representa una pérdida de USD 370 anuales.

Otro de los estudios referentes al mismo tema revela que una de las principales causas de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el transporte es la congestión vehicular, los costos del tiempo y el consumo de combustible empleados en congestión aumentaron de 24 mil millones de dólares en 1982 a 121 mil millones de dólares durante 2011 en Estados Unidos según (Schrank et al., 2012).

Para reducir las emisiones de vehículos por una cantidad relevante, el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT) presentó cuatro grandes grupos de estrategias: introducción de combustible de bajo carbono, aumento de la economía de combustible del vehículo, mejora de la eficiencia del sistema de transporte y reducción de la intensidad del carbono (USDOT, 2010a). A diferencia de otras estrategias, la estrategia de eficiencia del sistema de transporte para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos tiene importantes beneficios compartidos en forma de ahorro de tiempo para los viajeros y reducción de costos. El sistema start-stop se encuentra en el grupo estratégico de mejora de la eficiencia del sistema de transporte.

Un dispositivo que pretende reducir el consumo de combustible es el sistema start-stop, que apaga el motor en paradas, siempre que cumplan ciertas condiciones y se reinicia automáticamente cuando el conductor necesita reanudar el viaje. Este sistema automático de start-stop es cada vez más común en los coches estadounidenses en los últimos años, según el estudio realizado por (Larocca, Nagvanshi & Silberg, 2010).

El ciclo de conducción urbano, consistente en una ruta de 7 km y 12 paradas de 15 s cada una, el sistema start-stop redujo el consumo de combustible en un vehículo hasta un 8%, así lo afirma (Schmidt, S, 2008). Por ejemplo, un vehículo equipado con un sistema start-stop a lo largo de dos circuitos urbanos representativos 5,1 km y 8,7 km dispersaba a la atmósfera un 20% menos de CO<sub>2</sub>, en promedio, en comparación con un vehículo similar sin el sistema, lo explica el estudio de (Fonseca, Casanova & Valdez, 2011).

## **1.2 Planteamiento del problema**

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 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.

### Árbol de problemas

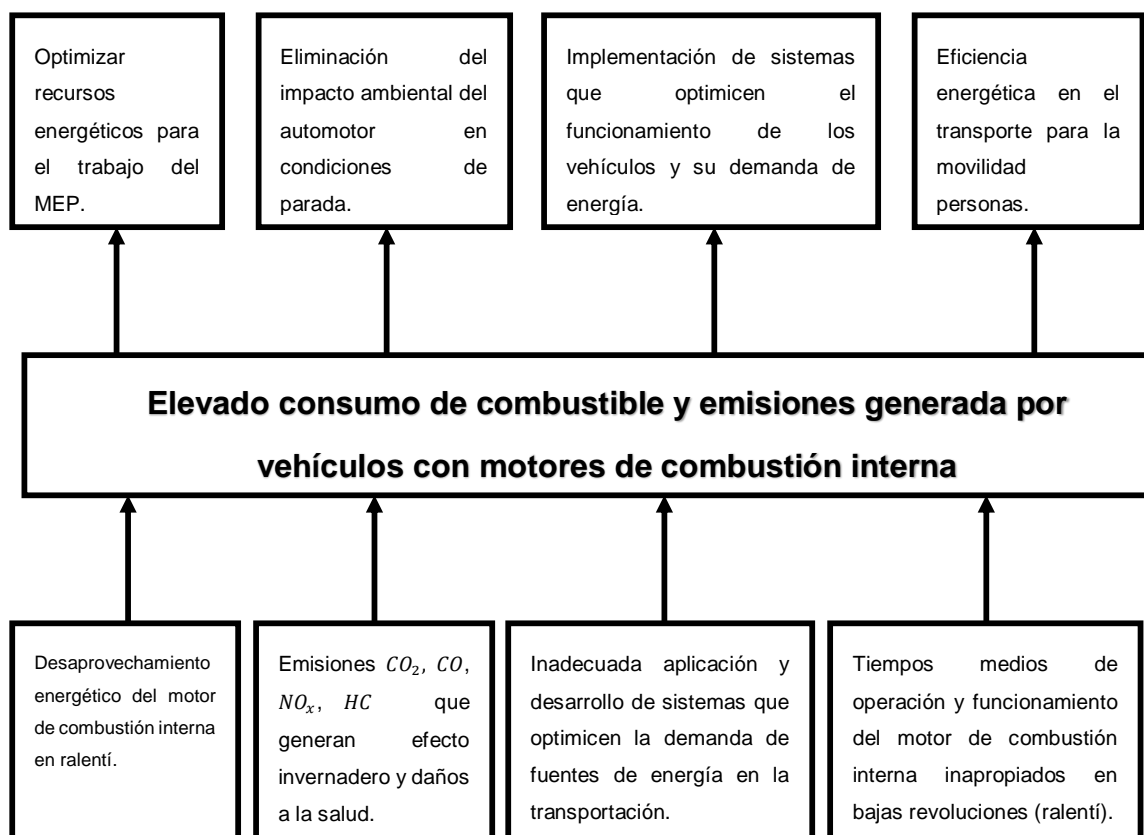


Figura 5. Diagrama causa y efecto

### **1.3 Descripción resumida de la investigación**

La investigación propone la eficiencia energética en relación al consumo de combustible y emisiones para lo cual se implementó el sistema start-stop en el vehículo Hyundai Getz 1,6.

Se recolectó información técnica-científica relevante de otros estudios relacionados con este tema para dar a conocer los aspectos teóricos y prácticos de experiencias realizadas, obteniendo así la base teórica que fundamentó el estudio de la presente investigación.

Se realizó el levantamiento de requerimientos del sistema start-stop con el objetivo de conocer las condiciones de funcionamiento; identificando módulos, sensores y actuadores.

Se desarrolló el diseño, construcción e implementación del sistema start-stop mediante simulaciones en software especializado, programación y adaptación de componentes electrónicos; mediante pruebas de funcionalidad con el sistema implementado en el vehículo Hyundai Getz, se verificó la eficacia del mismo considerando un protocolo de conducción europeo.

Se realizó pruebas de consumo de combustible y emisiones de gases utilizando el protocolo de conducción NEDC (New European Driving Cycle). Este ciclo de homologación, simulada en el dinamómetro de rodillos en la fase urbana se encuentra establecida por cambios de aceleraciones, períodos de velocidad (15 km/h, 35 km/h y 50 km/h) y ralentí a una distancia recorrida de cuatro kilómetros. Se efectuó la etapa extraurbana que consta de períodos a velocidad (50 km/h, 70 km/h, 100 km/h) con cambios de aceleraciones, ralentí y una velocidad media de 63 km/h con una distancia recorrida de siete kilómetros.

Se tabuló los datos obtenidos de las pruebas realizadas, determinando la eficiencia energética de la implementación del sistema start-stop en el vehículo Hyundai Getz 1,6 en relación al consumo de combustible y emisiones de acuerdo a normativas nacionales e internacionales.

## **1.4 Justificación e importancia**

El desarrollo social y un objetivo básico es mejorar la calidad de vida urbana, para esto se necesita impulsar proyectos encaminados al cambio de la matriz productiva, el mismo que busca generar nuevos productos a través del talento nacional, para así obtener un medio de transporte de alta calidad, más accesible en lo económico y sobretodo, más amigable con el medio ambiente.

La implementación de un sistema que permita optimizar recursos energéticos, como el combustible, durante el funcionamiento de los vehículos, aporta un ahorro en la economía del usuario.

El desarrollo continuo de la tecnología demanda la investigación de fuentes alternativas de conocimiento y la capacitación de profesionales del área automotriz para mantenerse al nivel de los fabricantes de sistemas automotrices actuales.

Un valor estratégico de esta investigación es el desarrollo de un sistema que funcione con software especializado, para de esta manera cumplir con una de las propuestas de políticas en materia de energías alternativas, ejemplos de esta política son la creación del proyecto de Energías no renovables y Tecnologías en el automóvil.

### **1.4.1 Teórica**

Se realizó con el propósito de aportar con una base teórica acerca del uso de sistemas automotrices para mejorar la eficiencia energética en relación al consumo de combustible. El start-stop se encuentra en el grupo estratégico de mejora de la eficiencia del sistema de transporte, cuyos resultados de esta investigación podrán vincularse en una propuesta de cambio de la matriz productiva y energética.

### **1.4.2 Metodológica**

Se utilizó el protocolo de conducción NEDC para emular el comportamiento del vehículo.

Se repitieron las pruebas en tres ocasiones con ambos protocolos, para obtener valores comparables de los cuales se obtuvo un promedio de consumo de combustible y emisiones de gases.

Se analizó los resultados de las pruebas realizadas, entre los valores alcanzados con el sistema instalado y los datos obtenidos del vehículo en modo estándar, para establecer la eficiencia energética en relación al consumo de combustible y emisiones.

### **1.4.3 Práctica**

El sistema start-stop en funcionamiento, redujo el consumo de combustible con respecto a la circulación del vehículo en modo estándar, por tal motivo permite el ahorro de este recurso.

Se estableció que el sistema no afectó el funcionamiento convencional del vehículo, por lo que se determinó que su implementación es factible.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

- Investigar la eficiencia energética en relación al consumo de combustible y emisiones al implementar el sistema start-stop en el vehículo Hyundai Getz 1,6 para reducir la contaminación ambiental.

### 1.5.2 Objetivos específicos

- Recopilar información científica que fundamente el desarrollo de la investigación propuesta.
- Determinar los parámetros de consumo de combustible y emisiones con el sistema convencional.
- Realizar el levantamiento de requerimientos de la implementación del sistema start-stop para conocer las condiciones iniciales de funcionamiento.
- Implementar 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.
- Efectuar las pruebas de funcionalidad considerando protocolos de conducción basados en los siguientes métodos NEDC en ciclo urbano – ciclo extraurbano para la obtención de datos de consumo de combustible y emisiones.

### 1.6 Metas

- Reducir las emisiones de gases contaminantes en un 8% al entorno, durante los congestionamientos utilizando el protocolo de conducción NEDC.
- El consumo de combustible disminuirá en un 12% con la ayuda del sistema start-stop en condiciones de tráfico en el DMQ mediante el ciclo de conducción NEDC.

### 1.7 Hipótesis

La implementación del sistema start-stop contribuirá a optimizar la eficiencia energética para reducir la contaminación ambiental en el vehículo Hyundai Getz 1,6.

## 1.8 Variables de investigación

**Tabla 1.**  
**Variable dependiente: Contaminación ambiental**

Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
Es la afectación al ambiente debido a la elevada combustión de gases vehiculares y el consumo de combustible, que repercuten en la salud y el bienestar de los seres vivos.	Gases combustionados por el motor de combustión	$CO_2$	%	Medición	NTE INEN 2204:2002
		$CO$	%		
		$HC$	ppm		
		$O_2$	%		
		$NO_x$	ppm		

**Tabla 2.**  
**Variable independiente: Eficiencia energética y sistema start-stop**

Concepto	Categorías	Indicadores	Item	Técnica	Instrumentos
El sistema start-stop es una tecnología que se usa para reducir emisiones de gases y consumo de combustible, que apaga el motor cuando se detiene el auto, y lo vuelve a encender cuando se lo requiere.	Parámetros del MCI y subsistemas	Revoluciones del motor	Rpm	Medición	Prueba de laboratorio
		Velocidad del vehículo	$\frac{km}{h}$		
		Temperatura del motor	$^{\circ}C$		
		Ancho de pulso	mseg		
		Voltaje de batería	V		
	Capacidad de la batería	Ah			
	Eficiencia energética	Consumo de combustible	$\frac{l}{km}$		Ensayo



## 1.9 Metodología de desarrollo del proyecto

- **Método inductivo**

Se utilizaron las señales de funcionamiento del vehículo y los parámetros característicos del motor de combustión interna para permitir al sistema trabajar de manera adecuada cuando se encuentre en el estado de ralentí.

- **Método deductivo**

Dado que la investigación se enfoca en analizar el funcionamiento general del sistema se examinó de qué manera influyen los valores de consumo de combustible y emisiones en la activación - desactivación del motor en las condiciones normales de conducción o en congestión vehicular.

- **Método experimental**

Se aplicó este método al suministrar las condiciones de funcionamiento al sistema para que este pueda trabajar, de esa manera realizar pruebas, mediciones con la ayuda de ensayos, normas, protocolos y demás instrumentos.

- **Método de medición**

Se obtuvo valores de consumo de combustible y emisiones mediante protocolos de pruebas en función de la normativa nacional NTE INEN 2204:2002 e internacionales NEDC, además se determinaron unidades con las que se manejaron los datos, tomando en cuenta las escalas de los equipos.

- **Método analítico**

Se empleó este método para estudiar el comportamiento del sistema start-stop, es necesario dividirlo en subsistemas. Así se establecieron algunos de ellos como son el de control, de potencia y procesamiento de datos.

- **Método de síntesis**


Este método logró representar todas las generalidades del proceso de diseño, construcción e implementación, a partir de los resultados obtenidos con el sistema convencional. De esta manera se llegó al resultado final, el cual estableció en que porcentaje se redujo el consumo de combustible, determinando que el sistema es eficiente.

- **Método comparativo**

En esta investigación el método comparativo ayudó a establecer la diferencia entre los resultados de consumo de combustible y emisiones; con y sin el sistema start-stop.

**Tabla 3.**  
**Metodología, instrumentación y laboratorios donde se llevará a cabo el proyecto**

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
<b>Inductivo</b>	Se utilizaron las señales de funcionamiento del vehículo y los parámetros característicos del motor de combustión interna para permitir al sistema trabajar de manera adecuada cuando se encuentre en el estado de ralentí.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hyundai Getz 1,6</li> <li>• Escáner automotriz</li> <li>• Osciloscopio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga</li> </ul>
<b>Deductivo</b>	Dado que la investigación se enfoca en analizar el funcionamiento general del sistema se examinó de qué manera influyen los valores de consumo de combustible y emisiones en la activación - desactivación del motor en las condiciones normales de conducción o en congestión vehicular.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hyundai Getz 1,6</li> <li>• Analizador de Gases</li> <li>• Bomba de presión</li> <li>• GPS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de la Universidad Politécnica Nacional (CCICEV)</li> </ul>

**CONTINÚA** 

<b>Experimental</b>	Se aplicó este método al suministrar las condiciones de funcionamiento al sistema para que este pueda trabajar, de esa manera realizar pruebas, mediciones con la ayuda de ensayos, normas, protocolos y demás instrumentos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hyundai Getz</li> <li>• Escáner automotriz</li> <li>• Osciloscopio</li> <li>• Analizador de Gases</li> <li>• Bomba de presión</li> <li>• GPS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de la Universidad Politécnica Nacional (CCICEV)</li> </ul>
<b>Medición</b>	Se obtuvo valores de consumo de combustible y emisiones mediante protocolos de pruebas en función de la normativa nacional NTE INEN 2204:2002 e internacionales NEDC, además se determinaron unidades con las que se manejaron los datos, tomando en cuenta las escalas de los equipos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hyundai Getz</li> <li>• Escáner automotriz</li> <li>• Osciloscopio</li> <li>• Analizador de Gases</li> <li>• Bomba de presión</li> <li>• GPS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de la Universidad Politécnica Nacional (CCICEV)</li> </ul>
<b>Analítico</b>	Se empleó este método para estudiar el comportamiento del sistema start-stop, es necesario dividirlo en subsistemas. Así se establecieron algunos de ellos como son el de control, de potencia y procesamiento de datos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador Microsoft office</li> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga</li> </ul>
<b>Síntesis</b>	Este método logró representar todas las generalidades del proceso de diseño, construcción e implementación, a partir de los resultados obtenidos con el sistema convencional. De esta manera se llegó al resultado final, el cual estableció en que porcentaje se redujo el consumo de combustible, determinando que el sistema es eficiente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador Microsoft office</li> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga</li> </ul>

---

<b>Comparativo</b>	En esta investigación el método comparativo ayudará a establecer la diferencia entre los resultados de consumo de combustible y emisiones; con y sin el sistema start-stop.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Computador Microsoft office</li><li>• Word</li><li>• Excel</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga</li></ul>
--------------------	---	--	---

---

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Funcionamiento del sistema

En su estudio (Ozdemir, 2013), expresa que el sistema start-stop está diseñado para mejorar la economía del combustible mediante el apagado automático del motor de combustión interna, durante los períodos de fases inactivas cuando no es requerido para realizar tracción, y reiniciándolo cuando es demandado.

El apagado del motor, condición stop, previene que el motor se encienda cuando no es necesario y también provoca que se apague si el vehículo se ha detenido, a la vez que cumple otras condiciones relacionadas con la velocidad y temperatura del motor, marcha de la transmisión, estado de los consumidores eléctricos, posición del pedal de freno y del embrague.

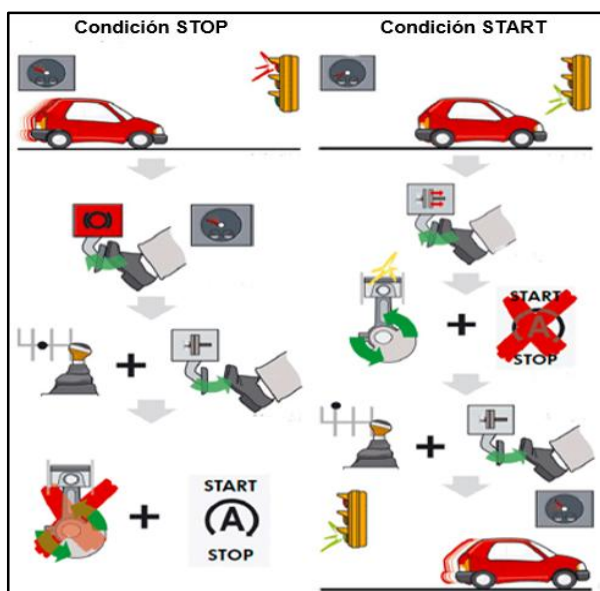


Figura 6. Funcionamiento del start-stop

Fuente: (jaicar, 2016)

La solicitud de arranque del motor, condición start, actúa como un inhibidor que previene el apagado; pero si el motor ya se encontraba detenido entonces provoca inmediatamente el reinicio. Esta condición depende de las variables de velocidad y temperatura del motor, velocidad del vehículo, marcha de la transmisión, posición del freno y el embrague.

## **2.2 Componentes eléctricos del sistema**

Los dispositivos eléctricos que componen el sistema start-stop son el motor de arranque, la batería, además de elementos de protección y control como los relés.

### **2.2.1 Motor de arranque**

Para (Ozdemir, 2013), el número de operaciones desempeñadas por arranque en un vehículo con el sistema start-stop incrementa en comparación con las realizadas en auto convencional. Esto afecta la capacidad de arranque en frío de la batería, que debe aumentar de acuerdo a la corriente consumida.

#### **a) Características eléctricas del motor de arranque**

El motor de arranque reúne varias características importantes para asegurar su funcionamiento.

Las características eléctricas de un motor de arranque vienen determinadas por la tensión nominal, potencia nominal y potencia máxima absorbida por el motor de arranque, en función de las cuales se determina la tensión de bornes y la capacidad de la batería que se debe acoplar. No toda la potencia absorbida por el motor de arranque se transforma en energía mecánica, ya que parte de ella se pierde en el circuito exterior y otra parte es consumida por el circuito interno, debido a rozamientos mecánicos de la propia mecánica en movimiento y a la reacción del inducido, quedando una potencia útil reducida, la cual debe ser capaz de mover y poner en funcionamiento el motor térmico [UTE Santo Domingo, 2012, p. 126].

Por tanto, la potencia mínima de un motor de arranque, será la necesaria para arrancar el motor térmico, más la consumida por el propio motor de arranque, que se muestra en la ecuación 1.

$$W = W_V + W_A$$

**Ecuación 1.** Potencia mínima del motor de arranque

Donde:

$W$  Potencia mínima del motor de arranque

$W_V$  Potencia para arrancar el motor térmico

$W_A$  Potencia consumida por el motor de arranque

Es necesario conocer las características constructivas del motor térmico como la cilindrada, la potencia y el ciclo termodinámico, consideraciones necesarias para determinar la potencia del motor de arranque a partir de la cual se conoce la intensidad de corriente que consume este dispositivo.

La potencia necesaria para arrancar el motor térmico está en función de las características del mismo, varía según el tipo de vehículo, estando entre 0,4 y 0,8 kW para vehículos livianos. Debido a estos valores, la intensidad que circula por el circuito es muy elevada; por tanto, para que la caída de tensión en el circuito exterior sea mínima, se debe disponer de un cable adecuado, para que la resistencia sea mínima y evitar pérdidas de potencia en el mismo. Esta corriente debe circular por el circuito interno del motor de arranque, los conductores del rotor e inductores deben ser también de gran sección, con una resistencia mínima para que la corriente absorbida sea grande y obtener la máxima potencia del motor [UTE Santo Domingo, 2012, p. 127].

**b) Potencia útil o potencia necesaria en el arranque**

Para producir el encendido del motor térmico, sus primeros giros deben oscilar entre 120 a 150 rpm, se debe considerar un coeficiente k en función del tipo de motor; para motores gasolina de 3 a 5 y de 5 a 10 para los motores diésel.

$$C_m = K * V_t \text{ (kgf.m)}$$

**Ecuación 2.** Par resistente del motor

Donde:

$C_m$  Par resistente del motor

$V_t$  Cilindrada del motor

$K$  Coeficiente determinado en función del tipo de motor

Por tanto, la potencia al freno o potencia absorbida por el motor térmico, a esas revoluciones, se obtiene de mediante la ecuación 3:

$$P_f = \frac{C_m * n}{716.2} \text{ (CV)}$$

**Ecuación 3.** Potencia al freno

Donde:

$P_f$  Potencia al freno

$C_m$  Par resistente del motor

$n$  Número de rpm del motor

El cálculo de la ecuación 4, determina la potencia útil o necesaria en el motor eléctrico aplicado al motor térmico, para producir el arranque:

$$W_v = P_f * 0.736 \text{ (kW)}$$

**Ecuación 4.** Potencia para arrancar el motor térmico

Donde:

$W_v$  Potencia para arrancar el motor térmico

$P_f$  Potencia al freno

En la práctica la potencia disponible en el arranque del motor eléctrico es algo mayor, ya que se debe tener en cuenta el rendimiento mecánico del mismo en la transformación de energía, así como un coeficiente de seguridad; luego, se puede establecer para la potencia en el arranque de un motor eléctrico usando la ecuación 5:

$$W_a = A * \frac{W_v}{\eta} \text{ (kW)}$$

**Ecuación 5.** Potencia consumida por el motor al arranque



Donde:

- $A$  Coeficiente de seguridad
- $W_V$  Potencia para arrancar el motor térmico
- $\eta$  Rendimiento del motor

### 2.2.2 Batería

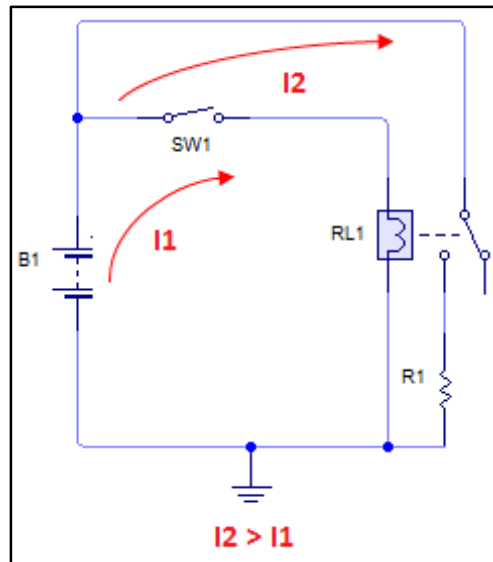
El consumo de corriente por el número de arranques y los períodos del motor apagado son parámetros a tener en cuenta. (Kremer, 2011) menciona lo siguiente:

El sistema start-stop impone una gran demanda de consumo de corriente de las baterías debido a que requiere arrancar el automóvil varias veces al día. En comparación con una batería convencional, aquellas utilizadas para aplicaciones start-stop deben tener como función primaria la habilidad de encender el motor un elevado número de veces y tener períodos extendidos de motor apagado.

### 2.2.3 Relés

Es un dispositivo electromecánico que posee dos circuitos: uno de control que tiene una corriente de activación baja y otro de potencia que va a soportar la corriente del consumidor eléctrico.

El inducido del circuito de control se activa al hacer circular una corriente  $I_1$  a través del bobinado  $L_1$ , esto provoca un campo magnético alrededor del núcleo de hierro del inducido, el cual mueve un contacto móvil que se encarga de cerrar el circuito de potencia. Cuando se activa el circuito de los contactos del relé, se provoca una diferencia de potencial en la carga  $L_1$  debido al paso de la corriente  $I_2$ , la cual es mayor que la corriente de control  $I_1$ .



**Figura 7. Esquema de funcionamiento del relé**

### A. Ley de Ohm

Sobre la relación entre la corriente, voltaje y resistencia en su libro (Kuznetsov, 1967), menciona que:

La intensidad de corriente en un sector de un circuito es directamente proporcional a la tensión en este sector e inversamente proporcional a la resistencia del mismo sector del circuito.

La ley de Ohm se expresa con la fórmula de la ecuación 6:

$$I = \frac{V}{R}$$

**Ecuación 6. Ley de Ohm**

Donde:

$I$  Intensidad de corriente

$V$  Voltaje

$R$  Resistencia

### 2.2.4 Fusibles

Un fusible es un dispositivo de seguridad, diseñado para soportar un valor nominal de corriente, mediante un filamento de aleación de plomo y estaño que se rompa cuando se excede dicho valor. Sin fusibles, el exceso de corriente podría causar daños en el sistema eléctrico, e incluso terminar en fuego.

#### a) Potencia eléctrica

Según (Ruíz, 2004) para calcular la potencia eléctrica, se debe tener en cuenta los valores de tensión e intensidad de corriente.

$$P = V * I \text{ (W)}$$

**Ecuación 7.** Potencia eléctrica

Donde:

$P$  Potencia

$V$  Voltaje

$I$  Intensidad de corriente

### 2.3 Componentes electrónicos del sistema

Los componentes electrónicos cumplen tres funciones: tomar señales del mundo exterior para transformarlas a valores eléctricos, leer estos valores para convertirlos en información que permitan provocar acciones y controlar elementos que realicen funciones de potencia.

#### 2.3.1 Unidad de control

La computadora del vehículo o unidad de control realiza varias funciones. (Hartman, 2004) menciona:

La unidad de control electrónico es un dispositivo que toma señales del estado actual del vehículo, que pueden provenir del motor, frenos u otros subsistemas, realizar operaciones basadas en un algoritmo y ejecutar acciones a través de los actuadores del sistema que gobiernan.

En un automóvil la principal unidad de control es la del motor, consta de periféricos de entrada, salida, drivers que sirven para el control de actuadores y una memoria programable en la cual se encuentra el programa principal.

### a) Microcontrolador

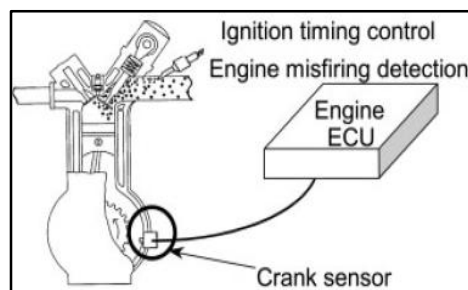
Sobre los microcontroladores que conforman la unidad de mando, (Hartman, 2004), menciona que:

Un microcontrolador es principalmente una matriz de interruptores y circuitos microscópicos con direcciones de almacenamiento digital que tiene la capacidad de realizar cosas sencillas como cambiar el nivel de voltaje de un circuito o dirección de memoria si existe una tensión en algún otro circuito interno. De estas funciones básicas se desarrolla toda la funcionalidad de un computador moderno. Estas habilidades básicas de conmutación electrónica pueden ser combinadas para desarrollar funciones más complejas.

### 2.3.2 Sensor CKP

(Marek, 2003), describe que el sensor de giro del cigüeñal se encuentra montado de tal forma que queda opuesto a la rueda dentada que proporciona la señal al girar sobre este eje.

El sensor CKP detecta la información de velocidad de giro del motor en RPM, para esto se toma en cuenta el tiempo que existe entre cada cambio de estado de los pulsos leídos (período) y la cantidad de pulsos que existe en cada vuelta del cigüeñal (frecuencia).



**Figura 8. Ubicación del sensor CKP**

**Fuente:** (Marek, 2004)

La señal del sensor CKP puede ser cuadrada con valores de 5 V y 12 V, que corresponde a un sensor de efecto hall, o senoidal de un sensor inductivo con un valor de 12 V.

#### a) Período

El período según (Vallejo, 2005), es el tiempo empleado por una partícula en completar un ciclo. Se expresa en unidades de tiempo, generalmente segundos y se representa con la letra  $T$ .

#### b) Frecuencia

(Vallejo, 2005), describe la frecuencia como el número de ciclos por unidad de tiempo. Equivale al inverso del valor del período. Se puede calcular mediante la ecuación 8. La frecuencia se expresa en Hertz (Hz).

$$f = \frac{1}{T}$$

**Ecuación 8.** Frecuencia

Donde:

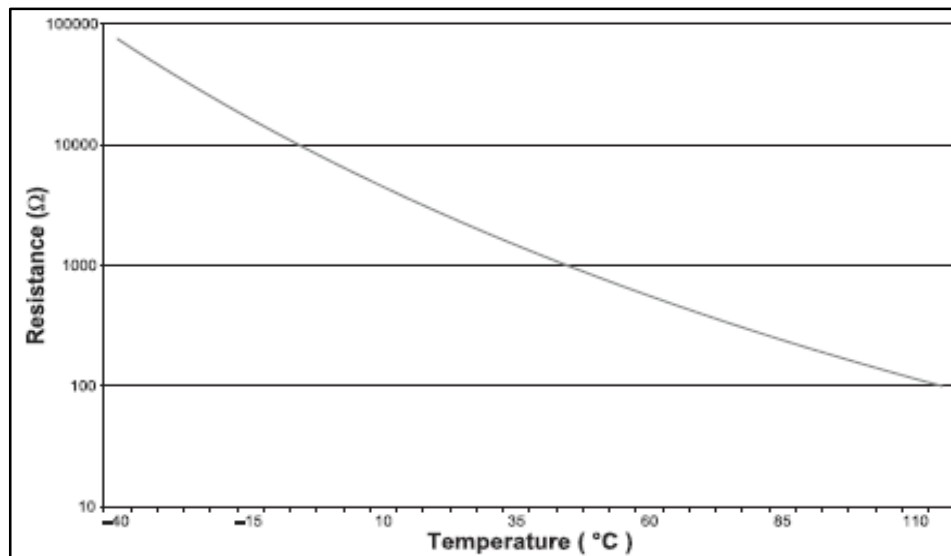
$f$  Es la frecuencia

$T$  Es el período

### 2.3.3 Sensor de temperatura

Propiedad física medida en vehículos que poseen gestión electrónica. Sus aplicaciones incluyen monitoreo de parámetros del motor como la temperatura del: aire, refrigerante y aceite.

(Marek, 2004), menciona que los sensores que miden desde - 40 a 170 °C cubren los requerimientos del sistema de control de climatización y aplicaciones del tren de potencia. La mayoría están basados en resistencias de coeficiente térmico negativo (NTC), que aumenta a medida que disminuye la temperatura. En la figura 9 se muestra la curva característica de estos sensores.



**Figura 9. Curva característica de un sensor NTC**

**Fuente:** (Marek, 2004)

#### **2.3.4 Sensor de posición de la palanca de cambios**

Es utilizado para indicar si la transmisión se encuentra en posición neutral o está en marcha, esta configuración es utilizada en sistemas automotrices como el asistente de arranque en pendiente y start-stop. Este sensor puede ser de tipo óptico, magnético o electromecánico.

#### **2.3.5 Sensores de posición del pedal de embrague**

Los sensores que se encuentran en los pedales tienen la finalidad de indicar a una unidad de procesamiento, o al conductor mediante una señal visual, si estos se encuentran presionados o libres. Se utilizan elementos electromecánicos como un final de carrera.

### 2.3.6 Sensor de voltaje de batería

En el manual del sensor de voltaje de batería del fabricante [Hella, 2016], se describe las funciones y beneficios de este dispositivo:

El sensor de voltaje de la batería provee información sobre el estado de la batería y permite, por tanto, prever las reservas de energía. Mide la tensión, la intensidad y la temperatura de la batería, para calcular mediante un algoritmo los datos sobre el estado de carga, vida útil de la batería y su capacidad de arranque.

Dado que los microcontroladores empleados para el monitoreo de baterías automotrices de 12 V, funcionan con una escala de 5 V, se utiliza una conversión de la escala mediante interpolaciones de los valores máximos y mínimos de la capacidad del acumulador, a través de una red de elementos electrónicos que permitan disminuir el nivel de tensión, pero que admitan a variación de la misma.

#### a) Interpolación lineal

Consiste en un procedimiento para aproximar los valores intermedios existentes en una función desconocida cuando se dispone de algunos valores. Dados dos puntos  $A(x_0, y_0)$ ,  $B(x_1, y_1)$  de una función  $f$  de la que no se conoce su ecuación, se calcula aproximadamente el valor que toma la función en un punto  $x \in [x_0, x_1]$  mediante la expresión de la ecuación 9:

$$f(x) = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

#### **Ecuación 9.** Interpolación

Donde

- $y_0$  Es la coordenada inicial en el eje de las ordenadas
- $y_1$  Es la coordenada final en el eje de las ordenadas
- $x$  Es la coordenada en el eje de las abscisas del punto a buscar
- $x_0$  Es la coordenada inicial en el eje de las abscisas
- $x_1$  Es la coordenada final en el eje de las abscisas

### 2.3.7 Diodo

Un diodo actúa como un elemento de protección para otros dispositivos semiconductores, al colocarse en paralelo al componente controlado permite que las corrientes autoinducidas, generadas posteriormente a la desconexión de una bobina, circulen a través del elemento de control, provocando que se descarguen sobre el mismo inducido.

### 2.3.8 Transistores

Es un dispositivo semiconductor de tres capas que sirve como puente entre un elemento de control y uno de potencia, también se utiliza para convertir el nivel de tensión de una señal digital.

#### a) Polarización

La polarización del transistor ocurre cuando se hace circular una corriente a través de la base del mismo, con esto se consigue que exista conducción entre el conductor y el emisor, de tal manera que pueda energizarse un dispositivo como una bobina o un led. Considérese la malla del circuito base-emisor de la figura 10.

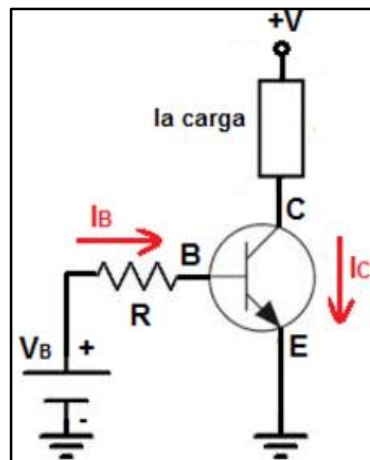


Figura 10. Configuración de polarización base-emisor

Fuente: (Boylestad, 2010)



Usando la ley de los voltajes de Kirchhoff en sentido horario para las mallas, se obtiene:

$$+V_{CC} - I_B * R_B - V_{BE} = 0$$

Despejando la corriente  $I_B$  se obtiene:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

### **Ecuación 10.** Corriente de la resistencia de base

Donde:

$I_B$  Corriente de la resistencia de base

$V_{CC}$  Voltaje de la fuente

$V_{BE}$  Voltaje base-emisor

$R_B$  Resistencia de base del transistor

En esta configuración la corriente del colector no está determinada por la carga que controla, como menciona (Boylestad, 2010), en su libro:

La corriente en la base es la que pasa a través de  $R_B$ , y según la ley de Ohm dicha corriente es el voltaje en  $R_B$  dividido para su resistencia. El voltaje a través de  $R_B$  es el voltaje aplicado  $V_{CC}$  menos la caída a través de la unión base a emisor ( $V_{BE}$ ). Como el voltaje de alimentación  $V_{CC}$  y el voltaje de base emisor  $V_{BE}$  son constantes, la selección de una resistencia de base  $R_B$  establece el límite de la corriente de base para el punto de operación.

La corriente del colector está relacionada directamente con  $I_B$  mediante la ganancia del transistor, como se muestra en la ecuación 11.

$$I_C = hFe * I_B$$

### **Ecuación 11.** Corriente en el colector

Donde:

$I_C$  Corriente en el colector

$hFe$  Ganancia del transistor

Despejando  $I_B$  y reemplazando en la ecuación 10, se obtiene:

$$\frac{I_C}{hFe} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

La resistencia de base se determina despejando el valor de  $R_B$ :

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\frac{I_C}{hFe}}$$

### **Ecuación 12.** Resistencia base del transistor

Donde:

$R_B$  Resistencia de la base del transistor

$V_{CC}$  Voltaje de la fuente

$V_{BE}$  Voltaje base-emisor

$I_C$  Corriente en el colector

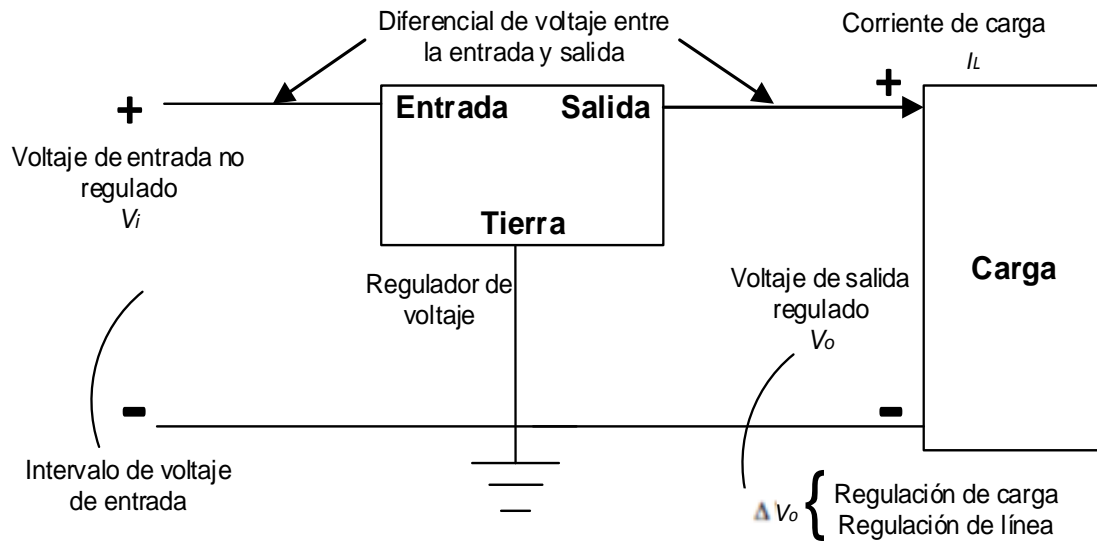
$hFe$  Ganancia del transistor

### **2.3.9 Regulador de tensión**

Sobre los sistemas de regulación de voltaje continuo (Boylestad, 2010), escribe en su libro:

Los reguladores de voltaje modernos son circuitos integrados. Contienen circuitos de fuente de referencia, un amplificador comparador, un dispositivo de control y uno de protección contra sobrecarga, todos en un solo circuito integrado. Aun cuando la construcción interna del circuito integrado es diferente de los reguladores transistorizados, la operación externa es similar. Los reguladores de circuito integrado pueden regular un voltaje positivo fijo, negativo fijo o variable.

En el diagrama de la figura 11 se observa el funcionamiento por bloques de un regulador de tres terminales:



**Figura 11. Diagrama de bloques de una fuente con circuito integrado**


## 2.4 Equipos

El vehículo utilizado para las pruebas posee las siguientes características:

**Tabla 4.**  
**Ficha técnica del automóvil**

DATOS GENERALES	
Fabricante	Hyundai
Modelo	Getz
Año de fabricación	2011
Categoría	Coupe – Hatchback
VIN	KMHBT51BABU974847
Número de motor	G4EDA551173
Color	Blanco
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Capacidad depósito	45 l
Combustible	Gasolina
Tipo	Manual
Tracción	Delantera



CONTINÚA 

<b>Peso Vacío</b>	1005 kg
<b>Bruto vehicular</b>	1530 kg
<b>Llantas</b>	185/70 R14

### 2.4.1 Banco dinamométrico

El banco dinamométrico de rodillos, maha con controlador lps 3000 permite simular ciclos de conducción en los que se varía la velocidad en función del tiempo, siguiendo las indicaciones preestablecidas por el software, de acuerdo al protocolo seleccionado, como es el europeo NEDC.



**Figura 12. Banco dinamométrico LPS 3000**

Las características técnicas se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5.**

**Datos técnicos del equipo LPS 3000**

<b>PUPITRE DE COMUNICACIONES</b>	
<b>Monitor de color</b>	19" diámetro diagonal
<b>Dimensiones pupitre (An x Al x L)</b>	600 x 1850 x 800 mm
<b>Alimentación</b>	400 V, 50 Hz
<b>REQUISITOS MÍNIMOS PC</b>	
<b>CPU</b>	Procesador a partir de 800 MHz
<b>Memoria RAM</b>	256 MB

<b>Disco duro</b>	> 4 GB
<b>Sistema operativo</b>	Windows XP Professional
<b>JUEGO DE RODILLOS</b>	
<b>Carga sobre el eje</b>	15 t
<b>Longitud</b>	4550 mm
<b>Ancho</b>	1100 mm
<b>Altura</b>	625 mm
<b>Peso</b>	2410 kg
<b>Longitud de rodillo</b>	900 mm
<b>Vía min.</b>	820 mm
<b>Vía máx.</b>	2620 mm
<b>Diámetro mínimo de rueda para ensayar</b>	12"
<b>Diámetro rodillo</b>	318 mm
<b>Distancia entre rodillos</b>	565 mm
<b>Sobreelevación rodillo</b>	45 mm
<b>Sistema de elevación con bloqueo</b>	Hidráulica
<b>DATOS ELÉCTRICOS</b>	
<b>Datos corr. Parásita</b>	2 x 330 kW
<b>Alimentación</b>	400 V / 50 Hz
<b>Protección por fusible</b>	63 A lento
<b>CAMPO DE INDICACIÓN</b>	
<b>Velocidad de ensayo</b>	Max. 200 km/h
<b>Potencia rueda</b>	30 – max. 660 kW
<b>Fuerza de tracción</b>	Max. 25 kN
<b>Núm. de revoluciones</b>	10 – 10000 rpm
<b>Precisión de medición</b>	± 2 % del valor de medición

#### 2.4.2 Analizador de gases

El analizador de gases mide la cantidad de un determinado componente presente en la mezcla de emisiones de escape de un motor a gasolina. El analizador portátil axion go permite medir las emisiones de gases en concentración de volumen (CO, CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>) y ppm (HC, NO<sub>x</sub>), en tiempo real de funcionamiento del vehículo, cuyas características técnicas se muestran en la tabla 6.

Tabla 6.

## Datos técnicos del analizador de gases axion go

TIPO	RANGO DE MEDICIÓN	PRECISIÓN	RESOLUCIÓN
Medición de $CO$ (NDIR)	Mayor o igual de (0.001 a 10% Vol.)	Mayor o igual a $\pm 0.02\%$ abs.	Mayor o igual a 0.001 % Vol.
Medición de $CO_2$ (NDIR)	Mayor o igual de (0.01 – 16% Vol.)	Mayor o igual a $\pm 0.30\%$ abs.	Mayor o igual a 0.01 % Vol.
Medición de $O_2$ (Sensor)	Mayor o igual de (0.01 a 25% Vol.)	Mayor o igual a $\pm 0.1\%$ abs.	Mayor o igual a 0.01 % Vol.
Medición de $HC$ (NDIR)	Mayor o igual de (1 a 15000 ppm)	Mayor o igual a $\pm 4$ ppm abs.	Mayor o igual a 1 ppm
Medición de $NO_x$ (Sensor)	Mayor o igual de (0 a 4000 ppm)	Mayor o igual a $\pm 25$ ppm abs.	Mayor o igual a 1 ppm

Fuente: (Manual del usuario, analizador de gases Axion go)

### 2.4.3 Bomba presurizadora de combustible

El jet clean permite medir la cantidad de combustible consumida durante las pruebas del ciclo NEDC y ruta, consta de una bomba manual de presión en el tanque, un manómetro, una válvula de despresurización y conductos de ingreso y retorno del combustible.



Figura 13. Bomba presurizadora de combustible

#### 2.4.4 Comprobador de baterías

Verifica la vida útil de la batería en relación a la caída de tensión durante el arranque y el estado del sistema de carga. Consta de dos pinzas de prueba, una positiva y una negativa para energizar el dispositivo, una pantalla de visualización de datos y un teclado multifunción.



**Figura 14. Comprobador de baterías**

#### 2.5 Metodología de pruebas dinámicas

Para la siguiente investigación se maneja el ciclo europeo NEDC el cual permite tomar datos del comportamiento del motor en diferentes etapas como: comportamiento en frío, conducción urbana y conducción en carretera. Las velocidades que se utilizan en este ensayo se asemejan a las que rigen en nuestro país.

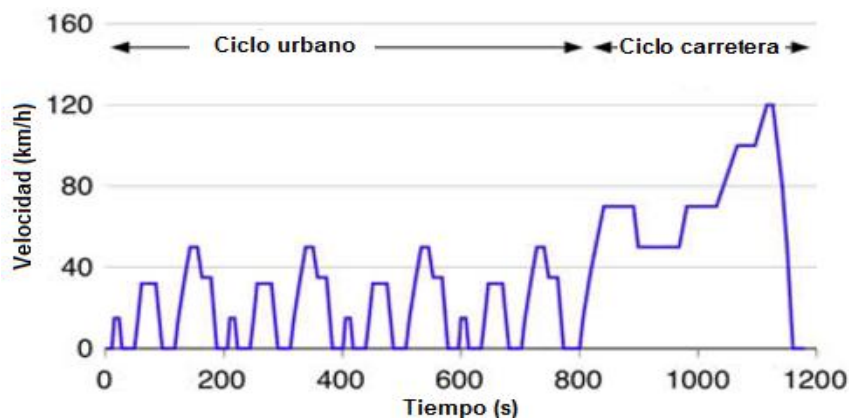
Además de la prueba en ruta la cual se realiza en condiciones reales de congestión vehicular, que se presentan al momento de conducir por el hipercentro de la ciudad de Quito.

### 2.5.1 Ciclo NEDC

(Bosch R, 2005) Manifiesta que el ciclo NEDC es un ciclo de homologación obligatorio para todos los coches que se quieran comercializar en Europa. Dicha prueba se realiza en un banco dinamométrico, obteniendo el consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes.

**Tabla 7.**  
**Ciclo de ensayo NEDC**

CICLO DE ENSAYO NEDC	
Longitud del ciclo:	11 km
Duración del ciclo:	1180 s
Velocidad media del ciclo:	33,6 km/h
Velocidad máxima del ciclo:	120,0 km/h



Fuente: (Bosch R, 2005)

Este ciclo de homologación, se divide en ciclo urbano y carretera.

#### a) Ciclo urbano

El ciclo consta básicamente de aceleraciones, desaceleraciones, períodos de velocidad constante y ralenti. La velocidad máxima alcanzada es de 50 km/h, obteniendo una velocidad media de 19 km/h y una distancia recorrida de cuatro kilómetros. Este ciclo urbano se repite cuatro veces, siendo la duración de cada una 3 minutos y 15 segundos.



### **b) Ciclo carretera**

Este ciclo se lleva a cabo justo después del ciclo urbano. La velocidad máxima que se alcanza es de 120 km/h, con una velocidad media de 63 km/h y una distancia recorrida de unos siete kilómetros en aproximadamente 6 minutos de duración.

### **2.5.2 Ciclo ruta**

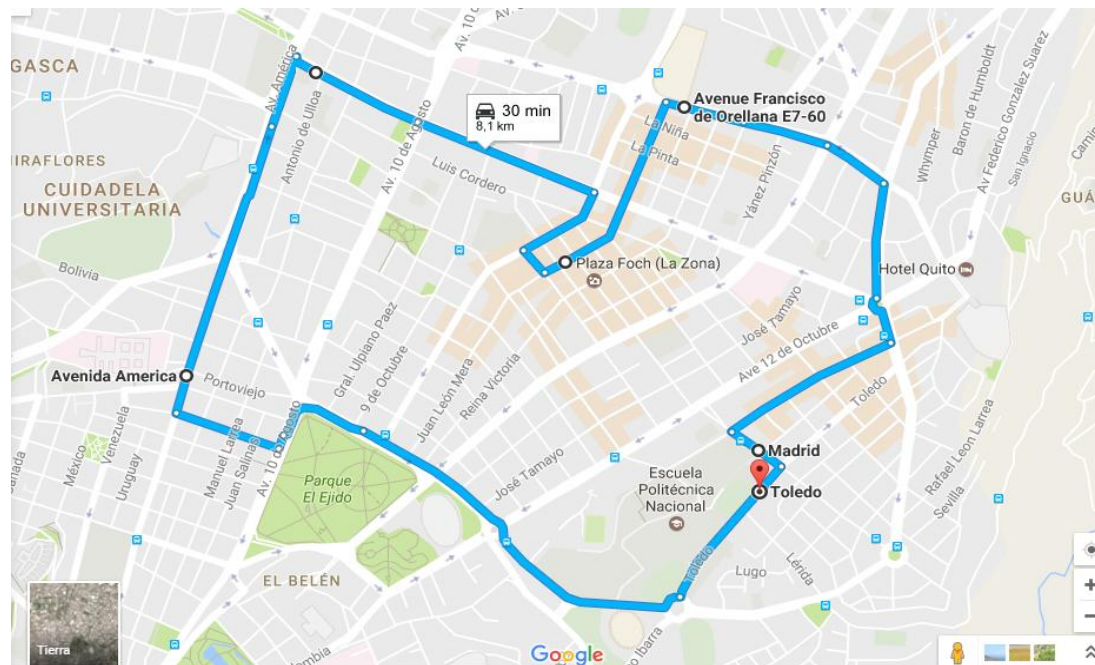
Previo al ensayo se debe tomar en cuenta algunos parámetros: condiciones iniciales, de ruta y ambientales. Para realizar esta prueba se requiere las siguientes condiciones:

- Carretera en buen estado (asfalto y concreto)
- Tramos sin cruces peligrosos
- Carretera seca, limpia y lisa
- Temperatura ambiente (20° C a 30° C)
- Ausencia de lluvia o niebla
- Velocidad promedio del viento menor o igual a 24 km/h o con picos mayores a 32 km/h

### **a) Tramo o circuito de ensayo**

En base a las condiciones iniciales, de ruta y ambientales se determina el tramo ubicado en el hipercentro de la ciudad de Quito. Tiene una longitud de 8,2 km, los cuales se encuentran distribuidos como lo indica la tabla 8.

**Tabla 8.**  
**Distancias del ciclo ruta**



Tramo	Distancia (km)
CCICEV – Diego Ladrón de Guevara	0,50 km
Diego Ladrón de Guevara – Av. Patria	1,50 km
Av. Patria – Av. 10 de Agosto	0,20 km
Santiago – Av. América	0,35 km
Av. América – Av. Cristóbal Colón	1,20 km
Av. Cristóbal Colón – Av. Río Amazonas	1,10 km
Av. Río Amazonas – Wilson	0,30 km
Wilson – Juan León Mera	0,10 km
Juan León Mera – Av. Francisco de Orellana	0,70 km
Av. Francisco de Orellana – Av. La Coruña	0,75 km
Av. La Coruña – Isabel La Católica	0,55 km
Isabel La Católica – Madrid	0,60 km
Madrid – CCICEV	0,35 km

## CAPÍTULO III

### 3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA START-STOP

#### 3.1 Levantamiento de requerimientos

Los requerimientos necesarios para implementar el sistema start-stop en el vehículo Hyundai Getz 1.6, son: batería, controlador electrónico, módulo de control, sensores de posición.

##### 3.1.1 Batería

Para conocer la corriente que consume el motor de arranque durante su activación, se determinó la potencia mínima necesaria para que este dispositivo de los primeros giros al motor de combustión interna, tabla 9.

**Tabla 9.**  
**Cálculo de potencia mínima necesaria en el motor de arranque**

Valores obtenidos		Ecuaciones		
Cilindrada ( $V_t$ )	1.6 l	Coficiente para motores a gasolina (k)	4	$C_m = V_t * k$
<b>Par resistente del motor (<math>C_m</math>)= 6,4 kgf.m</b>				
Revoluciones por minuto ( $n$ )	150 rpm	Par resistente del motor ( $C_m$ )	6,4 kgf.m	$W_v = \frac{C_m * n}{716,2} * 0,736$
<b>Potencia para arrancar el motor térmico (<math>W_v</math>)= 0,99 kW</b>				
Coficiente de seguridad (A)	2	Rendimiento ( $\eta$ )	0,8	$W_a = \frac{A * W_v}{\eta}$
<b>Potencia que consume el motor de arranque (<math>W_a</math>)= 2,47 kW</b>				
Potencia que consume el motor de arranque ( $W_a$ )	2,47 kW	Potencia para arrancar el motor térmico ( $W_v$ )	0,99 kW	$W = W_v + W_a$
<b>Potencia mínima del motor de arranque (<math>W</math>)= 3,45 kW</b>				

Dadas las condiciones de operatividad y funcionalidad del sistema start-stop el número de accionamientos a los que se ve sometido el motor de arranque se incrementa, lo que implica una mayor demanda de corriente de la batería del vehículo durante un determinado trayecto.

**Tabla 10.**  
**Cálculo de consumo de corriente promedio del sistema start-stop**

Valores obtenidos		Ecuaciones		
Voltaje nominal de la batería (V)	12 V	Potencia mínima del motor de arranque (W)	3,45 kW	$I = \frac{W}{V}$
<b>Corriente que consume el motor de arranque (I) = 287,74 A</b>				
Corriente que consume el motor de arranque (I)		287,74 A		$I_a = \frac{I}{3600}$
<b>Consumo de corriente al arrancar (I<sub>a</sub>) = 0,08 Ah</b>				
Número de arranques (z)	32	Consumo de corriente al arrancar (I <sub>a</sub> )	0,08 Ah	$I_p = I_a * z$
<b>Consumo de corriente promedio (I<sub>p</sub>) = 2,56 Ah</b>				

Se reemplazó la batería por una cuya capacidad cubra esta variación de tal forma que no disminuya su capacidad por debajo del valor nominal del acumulador original. Se seleccionó una batería de 60 Ah.

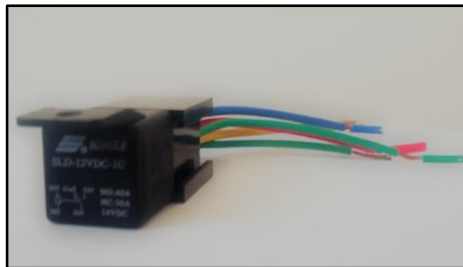
**Tabla 11.**  
**Ficha técnica de la batería**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Voltaje (V)	12
Capacidad de carga (Ah)	60
Resistencia interna (mΩ)	5
Corriente de arranque – CA (A)	750
Capacidad de arranque en frío – CCA (A)	620
Capacidad de arranque en caliente – HCA (A)	900
Capacidad de reserva (min)	90



### 3.1.2 Elementos de control eléctrico

Dado que las condiciones de automatización para el arranque y apagado del vehículo se producen mediante la llave del switch de encendido, se debe emular esta función, de acuerdo a diferentes condiciones de funcionamiento.



**Figura 15. Elementos de control eléctrico**

### 3.1.3 Controlador electrónico

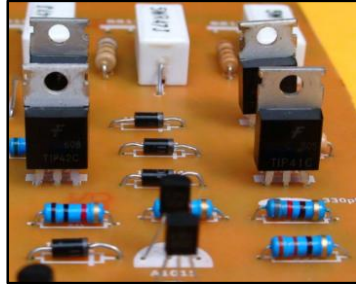
Se requirió un controlador electrónico que pueda manejar señales del estado del vehículo, procesarlas y energizar los actuadores de acuerdo a las condiciones de operación.



**Figura 16. Módulo de desarrollo de control electrónico**

### 3.1.4 Módulo de control electrónico

Es necesario utilizar un conjunto de dispositivos electrónicos que sirvan como puente entre el módulo de control eléctrico y el controlador electrónico, permitiendo a este último manejar los niveles de tensión existentes en los dispositivos que realizan funciones de potencia (relevadores).



**Figura 17. Dispositivo de control electrónico**

### **3.1.5 Sensor de la palanca de cambios**

Este dispositivo determina si la transmisión del vehículo se encuentra en neutro o en marcha a través de su posición.



**Figura 18. Sensor óptico de posición**

### **3.1.6 Sensor de embrague**

Conocer si el pedal de embrague está presionado o no, es una condición fundamental del sistema start-stop que indique si el vehículo debe arrancar o apagarse.



**Figura 19. Sensor mecánico de posición**

### 3.2 Diseño

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.

#### 3.2.1 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.

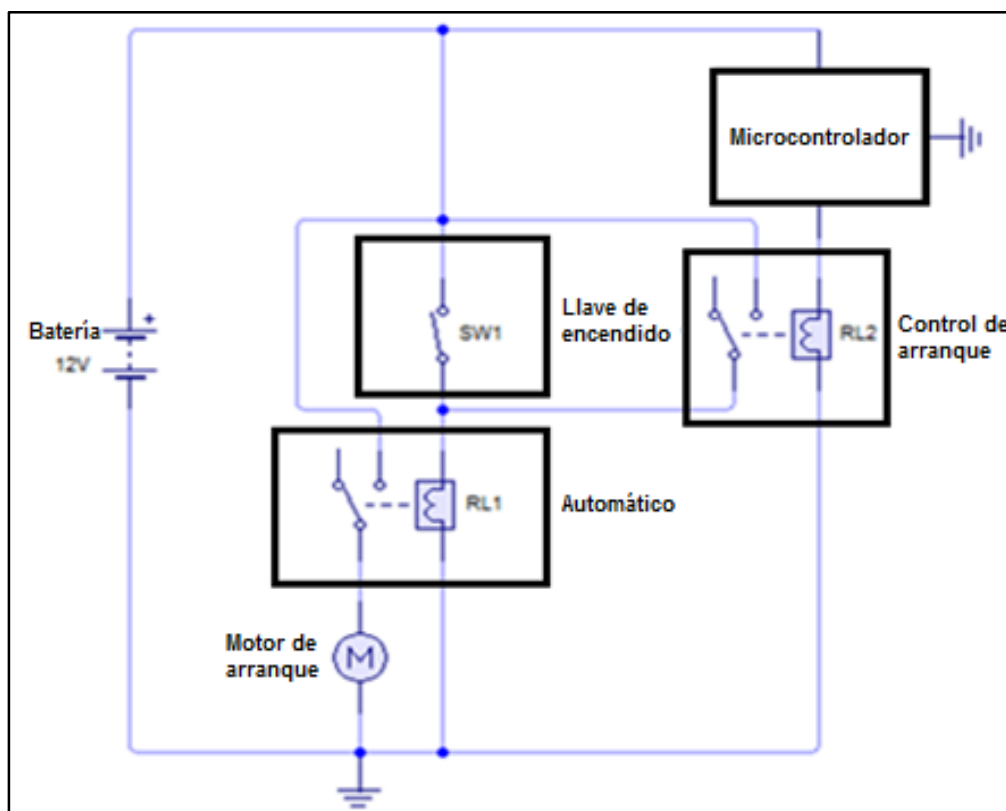
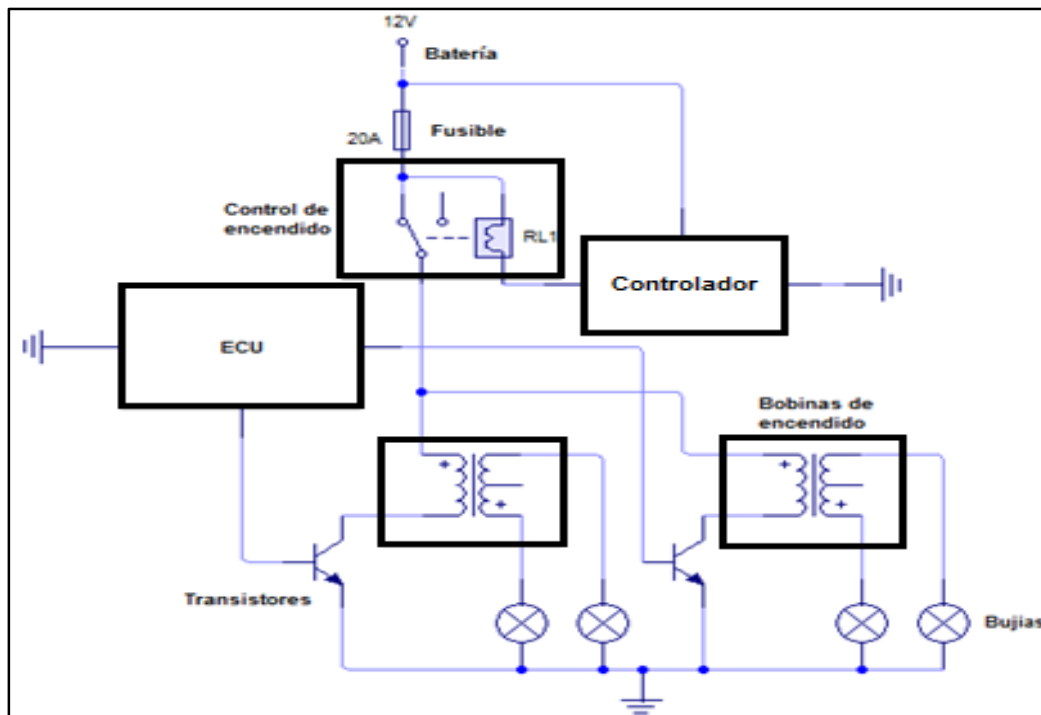


Figura 20. Circuito esquemático del control eléctrico de arranque

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, tabla 12, considerando la resistencia de la bobina del inducido y el voltaje nominal de batería a partir de la ecuación 6.

- **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 21. 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, tabla 12 mediante la ecuación 6.



- **Selección de relés**

Se realizó de acuerdo a la intensidad de corriente que va a circular por los terminales del relé, cuyos valores son 12 A en las bobinas de encendido y 15 A en el automático, razón por la cual se seleccionó un relevador de 20 A, código 0332209150 del catálogo de Bosch, que se muestra en el Anexo A. La corriente que atraviesa el arrollado de alambre de este dispositivo electromecánico se calculó considerando el voltaje nominal y el valor de la resistencia interna de la bobina, tabla 12 en base a la ecuación 6.

**Tabla 12.**  
**Cálculo del diseño eléctrico**

Ubicación	Valor obtenido		Valor medido	Ecuación	Valor calculado
	Voltaje nominal de batería (V)	Factor de diseño (f)	Resistencia del dispositivo ( $\Omega$ )		Intensidad consumida (A)
Automático del motor de arranque			1,6		15
Bobina del relé	12	2	90	$I = \frac{V}{R}$	0,266
Bobinas de encendido			2		12

- **Selección del conductor eléctrico**

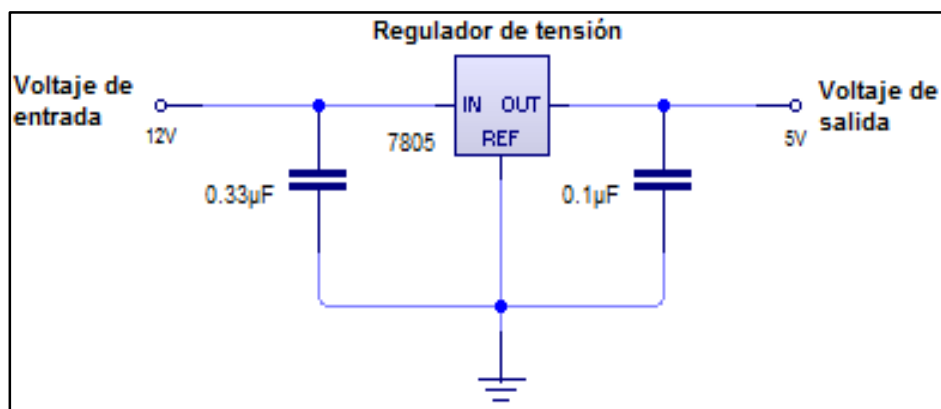
Para la selección del calibre de alambre de cobre es necesario determinar la cantidad de corriente eléctrica que circula por los terminales de los relés. Utilizando la tabla AWG, Anexo B, se estableció que para una corriente de 15 A se utiliza un conductor, de calibre no menor a 14 para una temperatura de funcionamiento no superior a 60° C.

### 3.2.2 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 receptar 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 regular 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 22. Circuito esquemático de la fuente de alimentación**

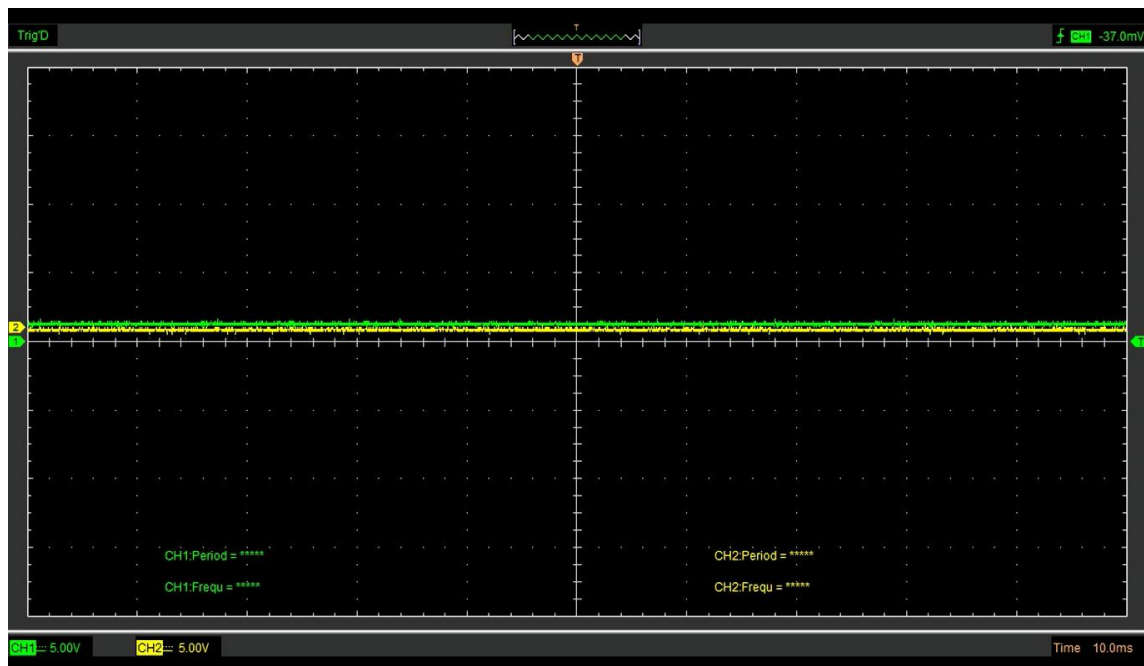
Para utilizar este dispositivo en un sistema en el que existe ruido se recomienda incorporar un filtro electrónico conformado por dos condensadores de 0,33  $\mu\text{f}$  y de 0,1  $\mu\text{f}$  de tal manera que estabilice el voltaje de salida. El dispositivo regulador de tensión, Anexo C, empleado 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 23. Oscilograma de la señal de temperatura del motor**

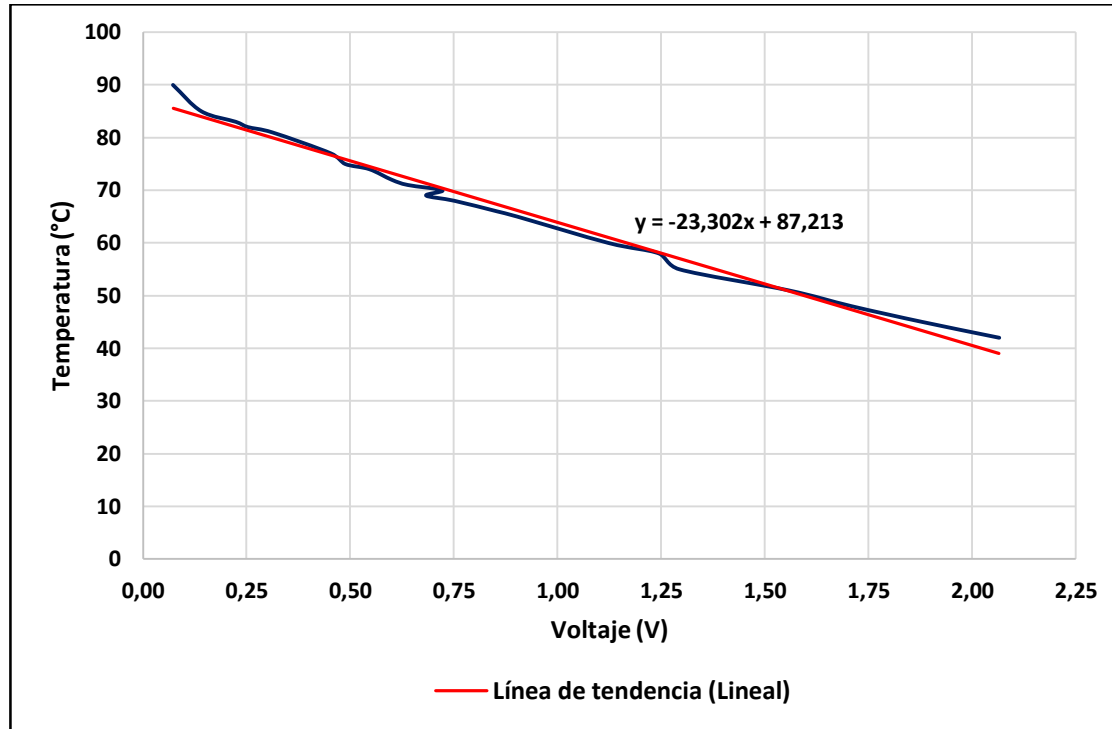
En la figura 23 se observa la curva de señal del sensor de temperatura del motor, cuyo valor en ese momento fue de 1,25 V, lo que equivale a una temperatura aproximada de 60 °C.

La relación voltaje – temperatura, tabla 13 se obtuvo utilizando la interfaz escáner ELMScan 5 OBD II y un multímetro automotriz de tal manera de registrar la variación de voltaje del sensor ECT.

**Tabla 13.**  
**Variación del voltaje del sensor ECT en función de la temperatura**

Temperatura (° C)	Voltaje de señal (V)	Resistencia (kΩ)
42	2,07	1,10
45	1,88	0,95
48	1,71	0,80
51	1,56	0,75
55	1,29	0,63
58	1,25	0,57
60	1,12	0,52
65	0,90	0,43
66	0,85	0,42
68	0,75	0,41
69	0,68	0,40
70	0,72	0,39
71	0,64	0,38
72	0,60	0,37
74	0,55	0,36
75	0,49	0,35
77	0,45	0,33
81	0,31	0,30
82	0,25	0,28
83	0,23	0,26
85	0,14	0,23
90	0,07	0,21

La figura 24 indica que la temperatura y el voltaje guardan una relación lineal e inversamente proporcional, propia de los sensores de coeficiente térmico negativo (NTC).

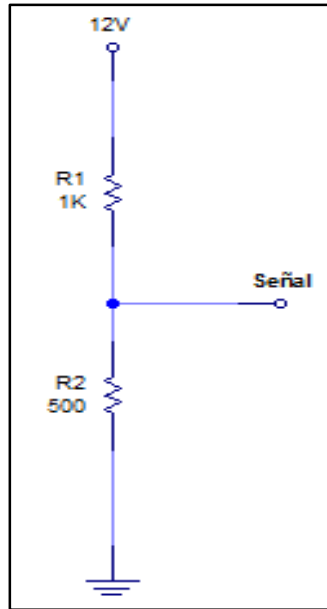


**Figura 24. Curva característica del sensor ECT, Hyundai Getz**

La relación lineal temperatura – voltaje se estableció a partir de la ecuación obtenida  $y = -23,302x + 87,213$ , para que el microcontrolador determine el valor de temperatura del motor al valor voltaje señal del sensor.

- **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 25. 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 a partir de la ecuación 6.

**Tabla 14.  
Cálculo de resistencias del sensor de batería**

Valores obtenidos			Ecuación	Valores calculados	
Voltaje máximo de la batería (V)	Voltaje de alimentación del microcontrolador (V)	Corriente de operación del microcontrolador (mA)	$R = \frac{V}{I}$	Resistencia total (k $\Omega$ )	Resistencia entre el divisor y la tierra (k $\Omega$ )
15	5	10		1,5	0,5

El valor de  $R_1$  (1k $\Omega$ ) es igual a la diferencia entre la resistencia total con la resistencia entre el divisor y la tierra  $R_1 = R_T - R_2$ .

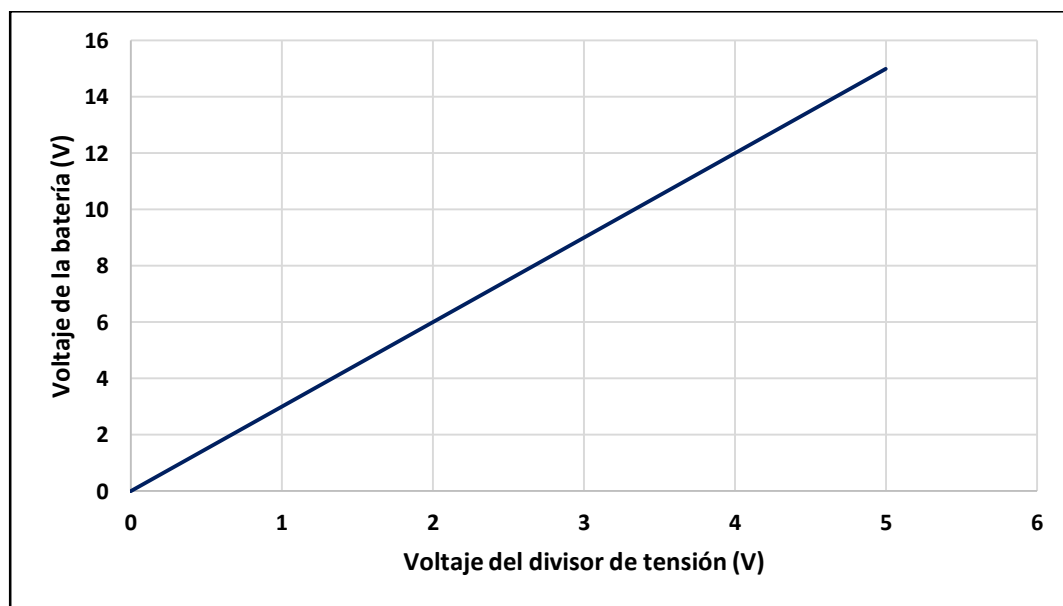
Se determinó una ecuación que relacione el voltaje de la batería en base al voltaje del divisor de tensión, tomando el voltaje de regulación del sistema de carga, valor máximo de tensión del microcontrolador, y el valor mínimo de tensión.

$$V_B = V_{B,min} + \frac{(V_{B,min} - V_{B,max})}{(V_{Div,min} - V_{Div,max})} (V_{Div} - V_{Div,min})$$

Se consideró una tensión de 0 V como valor mínimo de tensión de la batería y el del divisor de tensión, ya que el valor de corriente es 0 A, por tanto los valores mínimos de tensión para ambos casos es igual a 0 V, por lo cual se simplifica la expresión con los valores máximos y medidos por el microcontrolador, dando como resultado la siguiente ecuación.

$$V_B = \frac{V_{B,max}}{V_{Div,max}} V_{Div}$$

La figura 26, muestra que la relación existente entre los dos valores de tensión es lineal y directamente proporcional.



**Figura 26. Curva de relación entre los voltajes del sensor y de la batería**

### 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 ( $\mu\text{s}$ ), con el valor de revoluciones del motor en (rpm) a diferentes regímenes.

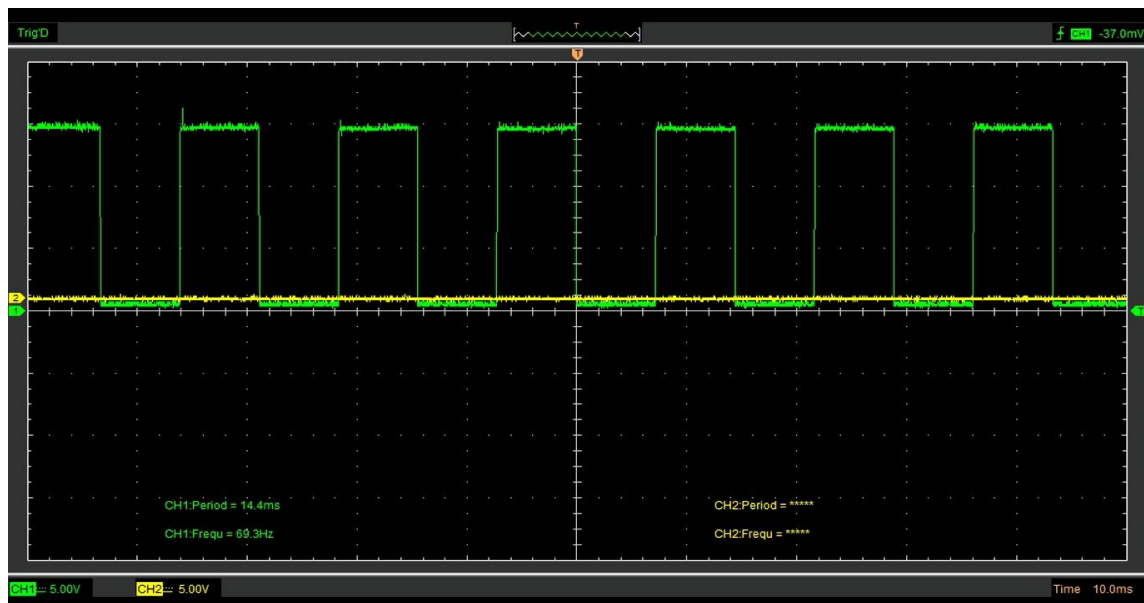


Figura 27. Oscilograma de la señal de velocidad del motor



El tren de pulsos de esta señal se muestra en la figura 27, corresponde a la curva de los sensores de efecto hall.

**Tabla 15.**  
**Relación período del sensor CKP con la velocidad del motor**

RPM	750	1500	2000	2500	3000	3500
	20388	10644	8276	6508	5104	4548
	20360	10652	8296	6524	5120	4548
	20480	10668	8296	6500	5120	4548
	20688	10644	8296	6508	5120	4532
	20704	10664	8292	6508	5116	4540
	20528	10628	8292	6512	5120	4540
	20480	10636	8292	6512	5120	4540
<b>Tiempo de la muestra (µs)</b>	20576	10636	8280	6524	5116	4532
	20620	10644	8276	6524	5120	4548
	20592	10628	8296	6516	5120	4532
	20528	10644	8292	6524	5116	4548
	20528	10652	8308	6524	5116	4536
	20560	10652	8292	6524	5104	4536
	20560	10644	8292	6528	5120	4536
	20516	10648	8308	6524	5120	4552
	20624	10644	8312	6524	5120	4548
<b>Promedio (µs)</b>	20546	10646	8294	6518	5117	4542

La relación entre el promedio de los valores del período de la señal del tren de pulsos y el régimen de giro del motor se observa en la figura 28, la cual también se usó para determinar la ecuación que procesara el microcontrolador.

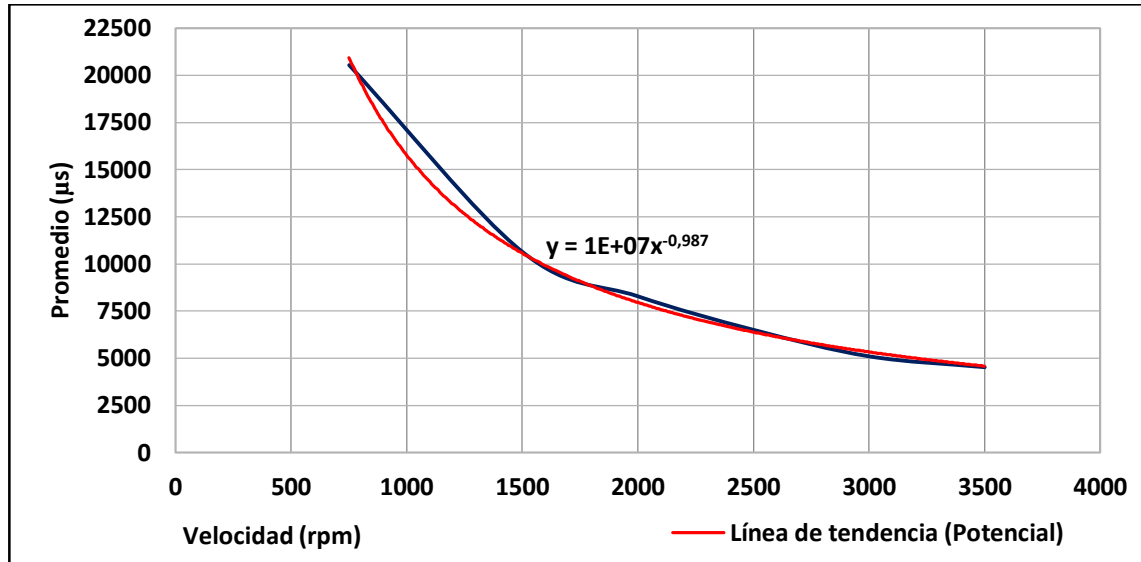


Figura 28. Curva característica del sensor CKP, Hyundai Getz

- 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, tabla 16.

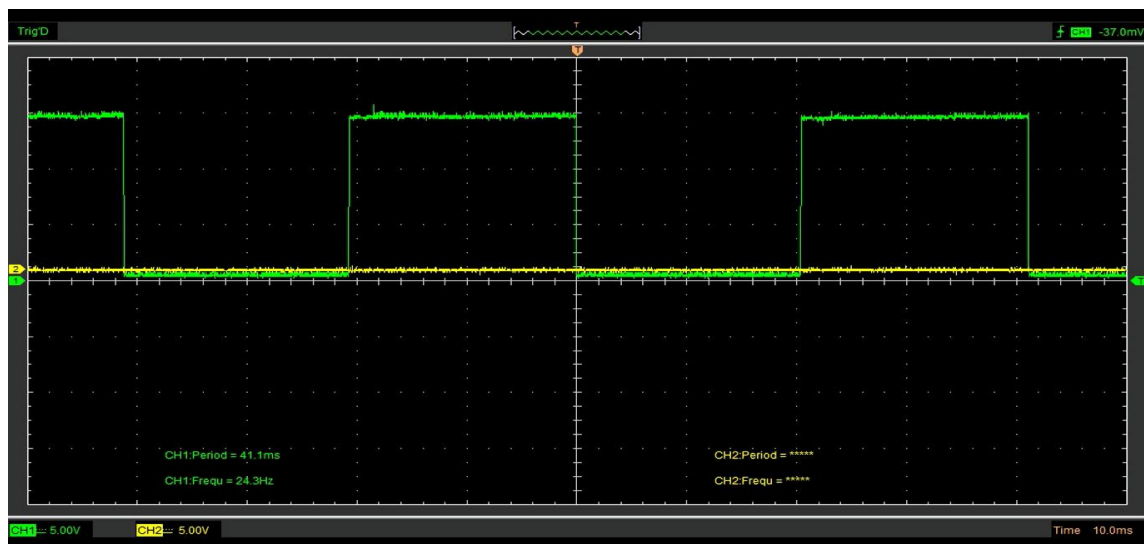


Figura 29. Oscilograma de la señal de velocidad del vehículo

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.

**Tabla 16.**  
**Relación de período del sensor VSS con la velocidad del vehículo**

Velocidad (km/h)	20	30	40	50	60	70
	32984	24288	17784	14884	11560	10556
	32388	25524	17732	14184	11848	10144
	32420	24708	18304	14540	11992	10440
	33404	24416	17252	14620	12268	10548
	32744	24228	17636	14812	11584	10552
	32260	24420	17984	13976	11912	10048
	32404	24944	18224	14376	11912	10384
	33668	24372	17300	14540	12224	10668
	32600	24092	17764	15012	11616	10596
<b>Tiempo de la muestra (µs)</b>	32028	24336	17872	14080	11876	9896
	32044	24856	18384	14408	11792	10368
	33248	23804	17344	14524	12412	10492
	32664	24752	17952	14948	11696	10464
	31760	25052	17852	14168	11988	10012
	31868	24992	18432	14504	11924	10448
	33032	24212	17236	14684	12284	10572
	32584	24440	17952	14896	11684	10400
	31768	24484	17816	14056	11948	10128
	31596	25312	18232	14468	12028	10272
	32808	24420	17428	14544	12444	10512
<b>Promedio (µs)</b>	32514	24583	17824	14511	11950	10375

Se obtuvo una relación matemática a partir de la gráfica en base a los valores promedio de tiempo y velocidad del vehículo, figura 30.

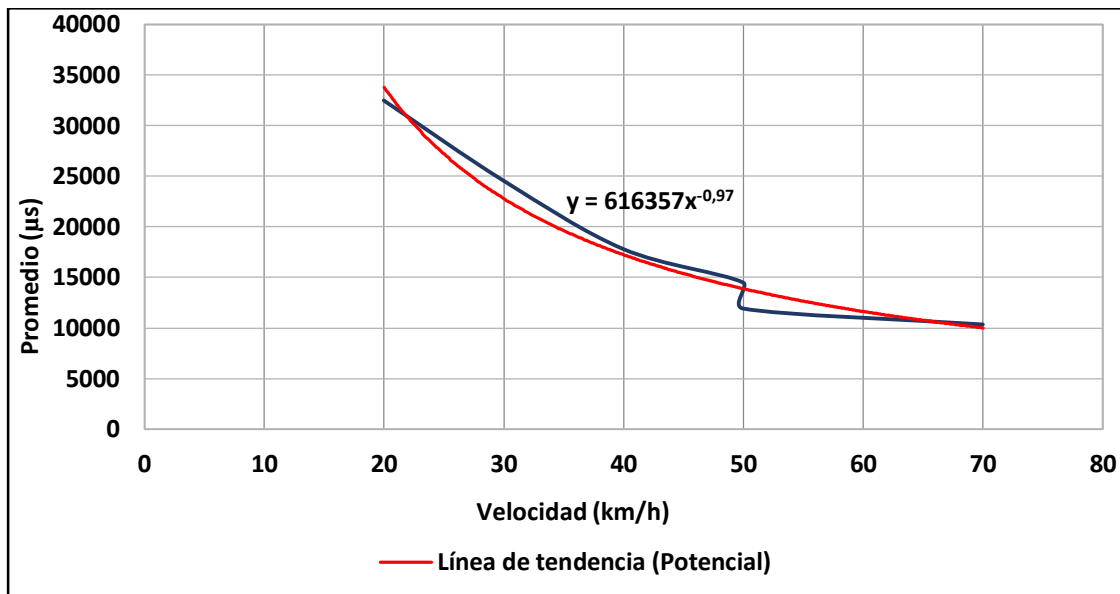


Figura 30. Curva característica del sensor VSS, Hyundai Getz

- 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.

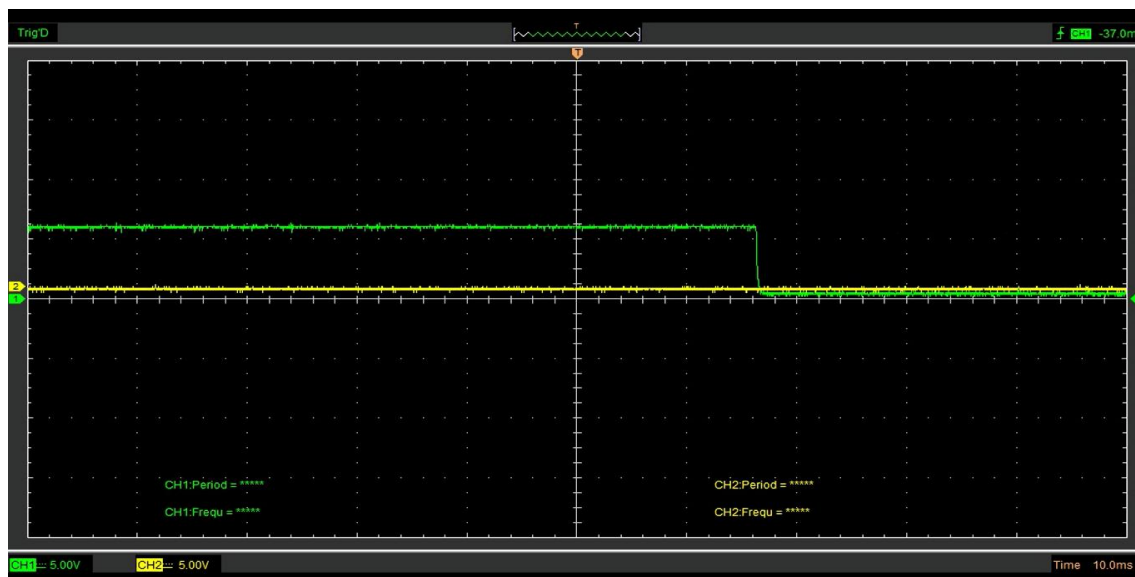
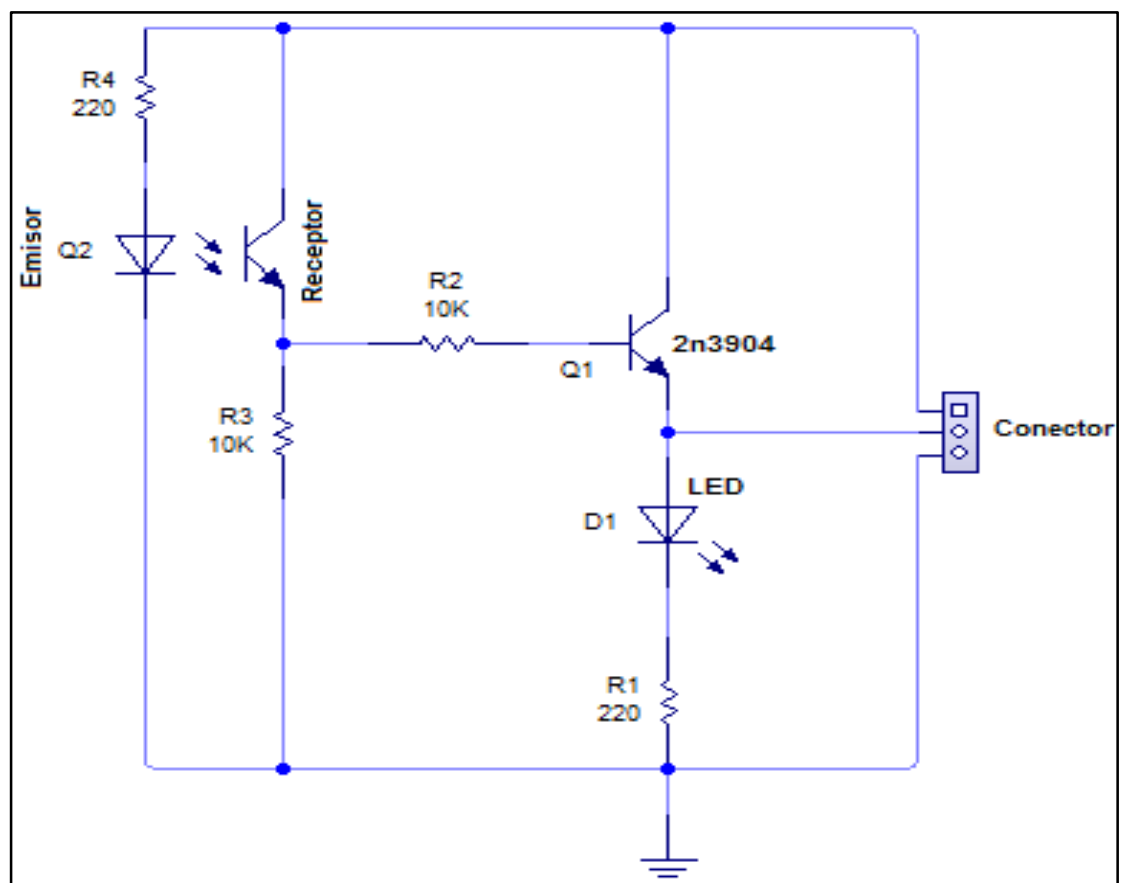


Figura 31. Oscilograma de la señal de posición de la palanca de cambios

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 31 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 32. Circuito esquemático del sensor de la palanca de cambios**

### - Sensor de la palanca de cambios

Se requiere un sensor que detecte cuando la palanca de cambios se encuentra en la posición neutro, para lo cual se consideró variables como, corriente del fototransistor, distancia de recepción de señal y tiempo de respuesta, tabla 17, con especial énfasis en estas dos últimas características de acuerdo a la configuración mecánica y estructura del vehículo. Se utilizó un sensor óptico compacto que no requiere calibrar la dirección de señal.

**Tabla 17.**  
**Características del sensor óptico**

Dispositivo RPR220			
Imagen	Distancia de recepción de señal (mm)	Corriente del fototransistor (mA)	Tiempo de respuesta ( $\mu$ s)
	6	0,8	10

### - Resistencia limitadora

Según la hoja de datos del sensor, Anexo D, se calculó la resistencia limitadora para diodos emisores de luz a partir de la ecuación 6.

**Tabla 18.**  
**Cálculo de la resistencia limitadora del sensor óptico**

Valores obtenidos			Ecuación	Valor calculado
Voltaje de alimentación (V)	Tensión de activación del LED (V)	Corriente de activación del LED (mA)	$R = \frac{(V - V_1)}{I}$	Resistencia limitadora ( $\Omega$ )
5	1,4	20		180

### - Transistor

El valor de tensión que provee el fototransistor para la señal del microcontrolador, puede verse afectado por la distancia del sensor reflectivo, lo que provoca que este voltaje se pierda. Se utilizó un transistor que se activa con el voltaje de señal y permite el paso de corriente con un nivel de tensión estable para el controlador.

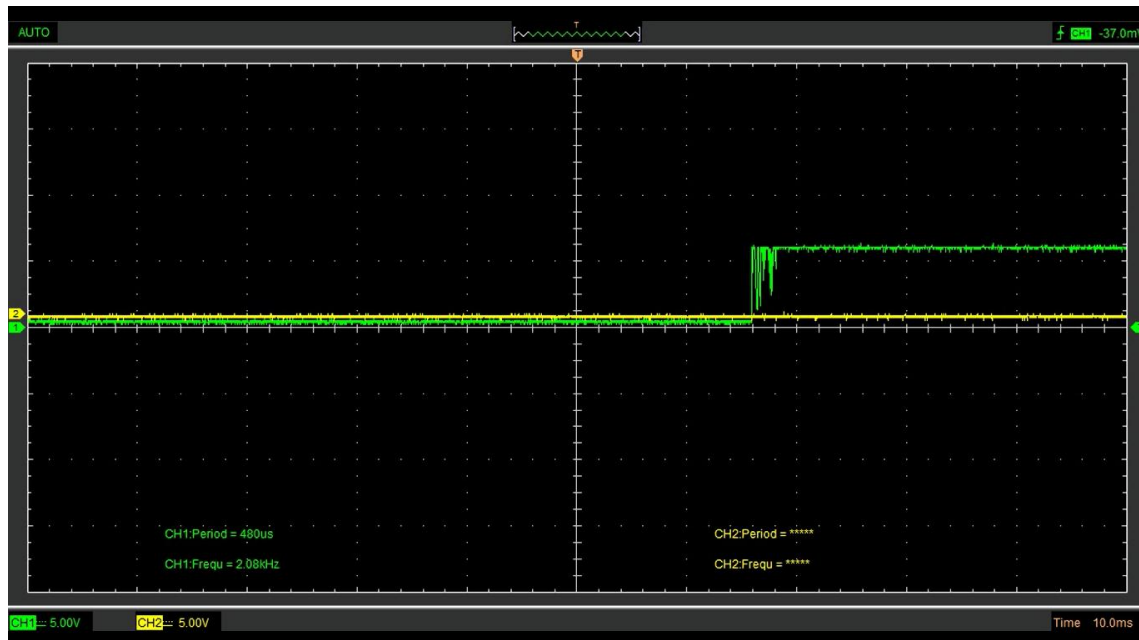
Para calcular la ganancia del transistor se interpoló el valor de corriente del colector entre las intensidades superior e inferior que se encuentran en la curva de ganancia del transistor 2n3904, Anexo E, a partir de la ecuación 9. Los valores reemplazados se observan en la siguiente relación matemática, adicionalmente los datos y el valor obtenido se muestra en la tabla 23.

$$hFe = hFe_1 + (I - I_1) * \frac{(hFe_2 - hFe_1)}{(I_2 - I_1)}$$

A partir de la ecuación 12 se obtuvo la resistencia de base necesaria para activar el transistor, mostrada en la tabla 22, utilizando el voltaje del microcontrolador, el voltaje de la base, la intensidad de corriente y el valor de ganancia calculado.

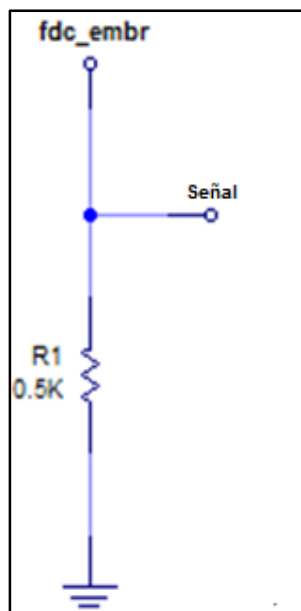
- **Señal de la posición del pedal de embrague**

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 33. Oscilograma de la señal de posición del pedal de embrague**

La señal de este sensor, que se muestra en la figura 33, 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 34. Circuito esquemático del sensor del pedal de embrague**



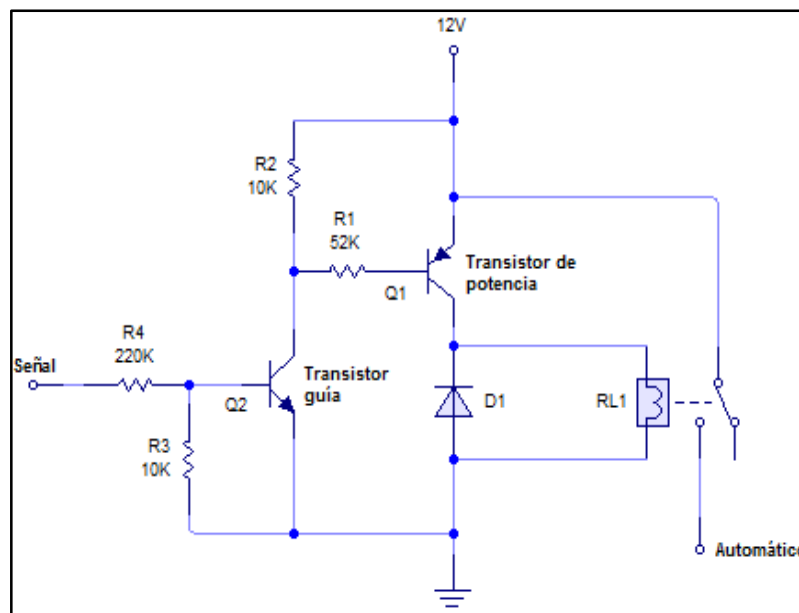
Para limitar la corriente que va a circular desde el final de carrera hacia el microcontrolador, se usó una resistencia limitadora. El valor de esta resistencia se determinó a partir de la corriente que toma el microcontrolador y el voltaje de alimentación de la fuente a partir de la ecuación 6.

**Tabla 19.**  
**Cálculo de la resistencia limitadora del sensor de embrague**

Valores obtenidos		Ecuación	Valor calculado
Voltaje de la fuente (V)	Corriente que toma el microcontrolador (mA)	$R = \frac{V}{I}$	Resistencia limitadora (k $\Omega$ )
5	10		0,5

#### 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 35.** 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 utilizando la ecuación 12, 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, Anexo F. Los valores reemplazados se observan en las siguientes tablas 22 y 23.

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 a partir ecuación 6.

**Tabla 20.**

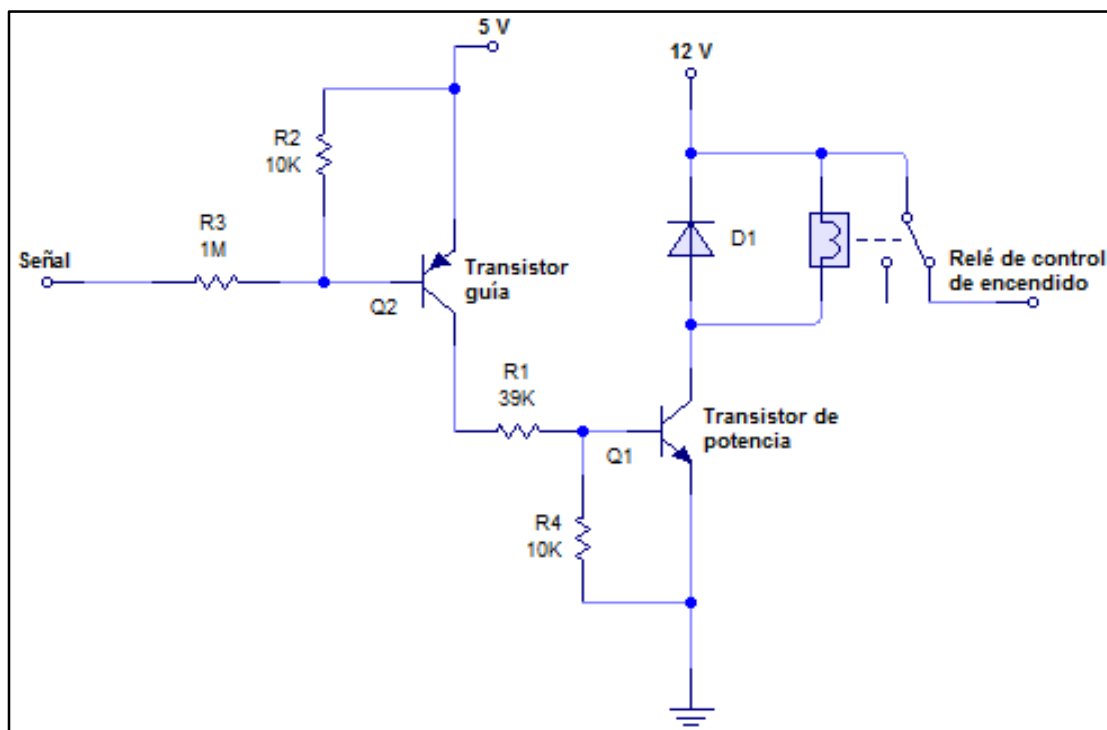
**Corriente del colector para transistor guía del arranque**

Valores obtenidos				Ecuación	Valores calculados		
Voltaje de la fuente (V)	Voltaje nominal de la batería (V)	Voltaje que consume el transistor (V)	Corriente (mA)	$I = \frac{V}{R}$	Intensidad de la base (mA)	Intensidad entre la fuente y la señal (mA)	Intensidad total (mA)
5	12	2,5	10		0,177	1,2	1,377

Partiendo de esta intensidad se calculó la resistencia de base para el transistor guía utilizando la ecuación 12. El valor de ganancia se calculó a partir de la interpolación de la corriente del colector que circula a través del transistor 2n3904, usando un valor superior e inferior de intensidad mostrada en la curva de ganancia del Anexo E. Estos cálculos se muestran en las tablas 22 y 23.

### 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 36. 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 aplicó la ecuación 12, para lo cual se empleó un valor de ganancia obtenido mediante la interpolación de la intensidad del colector que circula por el transistor TIP122, expuesta en la curva del Anexo F. En las tablas 22 y 23 se observan estos cálculos.

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. Utilizando la ecuación 6 se calculó este valor de intensidad.

**Tabla 21.**  
**Corriente del colector para transistor guía del encendido**

Valores obtenidos			Ecuación	Valor calculado
Voltaje de alimentación de las bobinas (V)	Voltaje de base del transistor (V)	Resistencia de la base (kΩ)	$I = \frac{(V - V_1)}{R}$	Intensidad de la base (mA)
12	2,5	42,86		0,222

La resistencia de polarización del transistor guía se calculó con la ecuación 12. El valor de ganancia se obtuvo interpolando el valor superior e inferior de la curva de corriente del colector que circula a través del transistor 2n3906, que se indica en el Anexo G. Estos cálculos se observan en las tablas 22 y 23.

**Tabla 22.**  
**Cálculo de resistencias de base de los transistores**

Aplicación	Valores obtenidos				Ecuación	Valor calculado
	Voltaje nominal de la fuente (V)	Voltaje de base del transistor (V)	Corriente del colector (mA)	Ganancia		Resistencia de la base (kΩ)

Transistor del sensor de la palanca de cambios	5	0,7	30	80	$R = \frac{V - V_{BE}}{\frac{I}{hFe}}$	11,46
Transistor del relé de arranque	12	2,5	266	1500		53,54
Transistor guía del arranque	5	0,7	1,38	80		249,28
Transistor del relé de encendido	5	2,5	266	1200		11,28
Transistor guía del encendido	5	0,7	266	63,69		1030

Tabla 23.

## Cálculo de ganancia de transistores

Aplicación	Valores obtenidos					Valor calculado
	Corriente del colector (mA)	Rango inferior de corriente (mA)	Rango superior de corriente (mA)	Rango inferior de ganancia	Rango superior de ganancia	Ganancia
Transistor del sensor de la palanca de cambios	30	10	50	60	100	80
Transistor del relé de arranque	266	150	400	900	2000	1410,4
Transistor guía del arranque	1,38	1	10	80	100	80,84
Transistor del relé de encendido	266	100	500	500	2000	1122,5
Transistor guía del encendido	0,22	0,1	1	60	80	62,71
Ecuación	$hFe = hFe_1 + (I - I_1) * \frac{(hFe_2 - hFe_1)}{(I_2 - I_1)}$					

### 3.3 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. Con la ecuación 8 se obtuvo el valor de frecuencia mínimo al cual debe funcionar el microcontrolador.

**Tabla 24.**  
**Cálculo de frecuencia de trabajo del microcontrolador**

Valor obtenido	Ecuación	Valor calculado
Período mínimo (s)	$f = \frac{1}{T}$	Frecuencia (Hz)
0,002		500

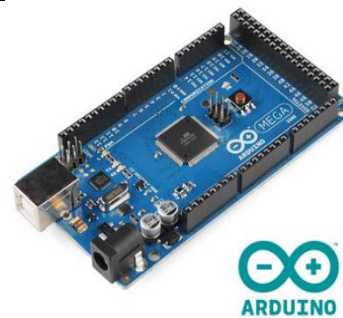
El sistema requiere que el microcontrolador tenga una frecuencia mínima de 500 Hz. Se debe disponer de puertos de entrada, dos de señales analógicas y cuatro digitales, además de dos puertos de salida digital. La memoria RAM ha de ser mayor a 8 kB, para garantizar la ejecución del programa.

Para la selección se compararon los microcontroladores PIC16F877A y ATmega2560, este último viene incorporado en la placa de desarrollo de prototipado rápido de arduino mega.

**Tabla 25.**  
**Parámetros de selección del microcontrolador**

Características	Dispositivos	
	16F887A	ATmega2560
<b>Puertos analógicos/digitales</b>	8/33	16/54
<b>Voltaje de alimentación</b>	5 V	5-12 V
<b>Memoria SRAM</b>	368 Bytes	8 Kb
<b>Velocidad</b>	20 MHz	16MHz
<b>Placa incorporada</b>	NO	SI (Arduino MEGA)
<b>Programador incluido</b>	NO	SI
<b>Lenguaje de programación</b>	C/C++/Basic/Assembler	C/Processing
<b>Librerías</b>	SI	SI
<b>Interfaz PC (Software)</b>	MPLAB-X	Arduino-IDE
<b>Soporte (Documentación)</b>	SI	SI
<b>Precio</b>	USD 12,00	USD 72,00

Imagen



Se seleccionó el microcontrolador ATmega 2560, incorporado en la placa Arduino porque posee un mayor número de puertos analógicos y digitales, lo que permite que se puedan conectar más dispositivos, como sensores y pantallas, además su memoria de programación es mayor, de tal forma que se puede escribir programas más extensos para utilizar los dispositivos adicionales.

### **3.4 Procesamiento de la información**

El procesamiento de la información se realizó por componentes mediante señales análogas y digitales, que analiza datos de entrada generados por sensores, a partir de lo cual el microcontrolador genera datos de salida para controlar los actuadores.

Las señales analógicas que se utilizaron son el voltaje de la batería y la señal de temperatura del motor del sensor ECT.

Las señales digitales procesadas son de estado y trenes de pulsos, que en el primer caso corresponden a la posición de la palanca de cambios y pedal del embrague; los trenes de pulsos son las señales que provienen de los sensores de velocidad del motor CKP y vehículo VSS. Se determina la frecuencia y el período, de tal forma que el microcontrolador procesa el régimen de giro y velocidad del vehículo.

#### **3.4.1 Adquisición de datos**

Los datos de entrada corresponden a las señales analógicas y digitales provenientes de los sensores del vehículo e implementados para el funcionamiento del sistema start-stop. El microcontrolador recibe los valores a través de entradas específicas para procesar la información y generar señales de control para los actuadores del control de arranque y corte de encendido.

#### **3.4.2 Procesamiento de datos**

El procesamiento de las señales analógicas se realiza mediante los comparadores internos, en los cuales se contrasta el valor leído en los puertos del microcontrolador desde los sensores, con los 5 V de referencia de la alimentación, para convertir el dato leído en una cantidad numérica que se puede interpretar como una magnitud.



Las señales digitales de estado, se procesan comparando el nivel de tensión existente en los puertos digitales de entrada provenientes de los sensores, con un voltaje preestablecido de 5 V del microcontrolador que determinan si la señal es alta o baja.

Las señales de trenes de pulsos, se procesan como señales de estado y además el microcontrolador cuenta el tiempo que transcurre desde que un pulso cambia de estado de alto a bajo o viceversa.

### **3.5 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.

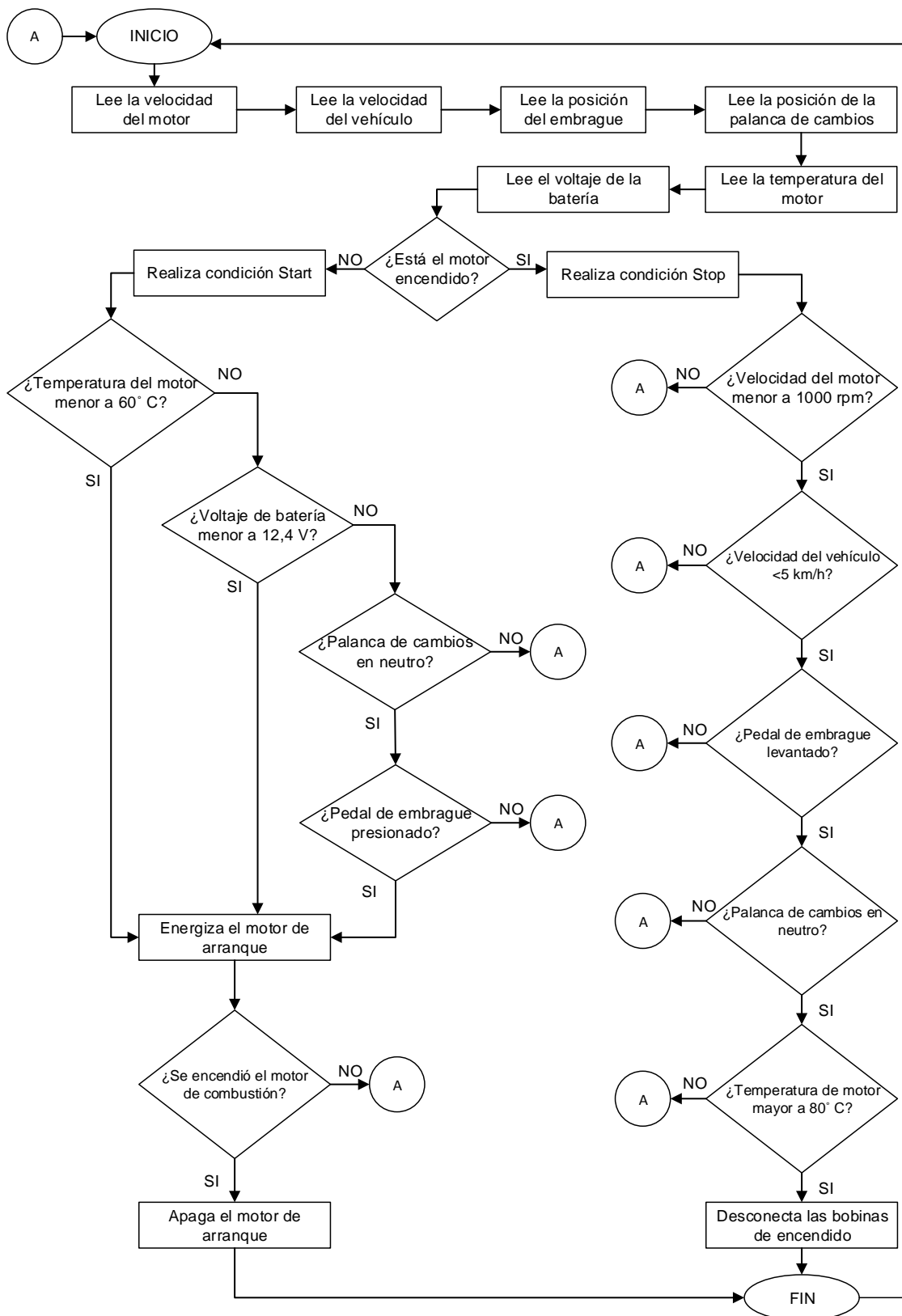


Figura 37. Diagrama de flujo de la programación

### 3.6 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, Anexo H.

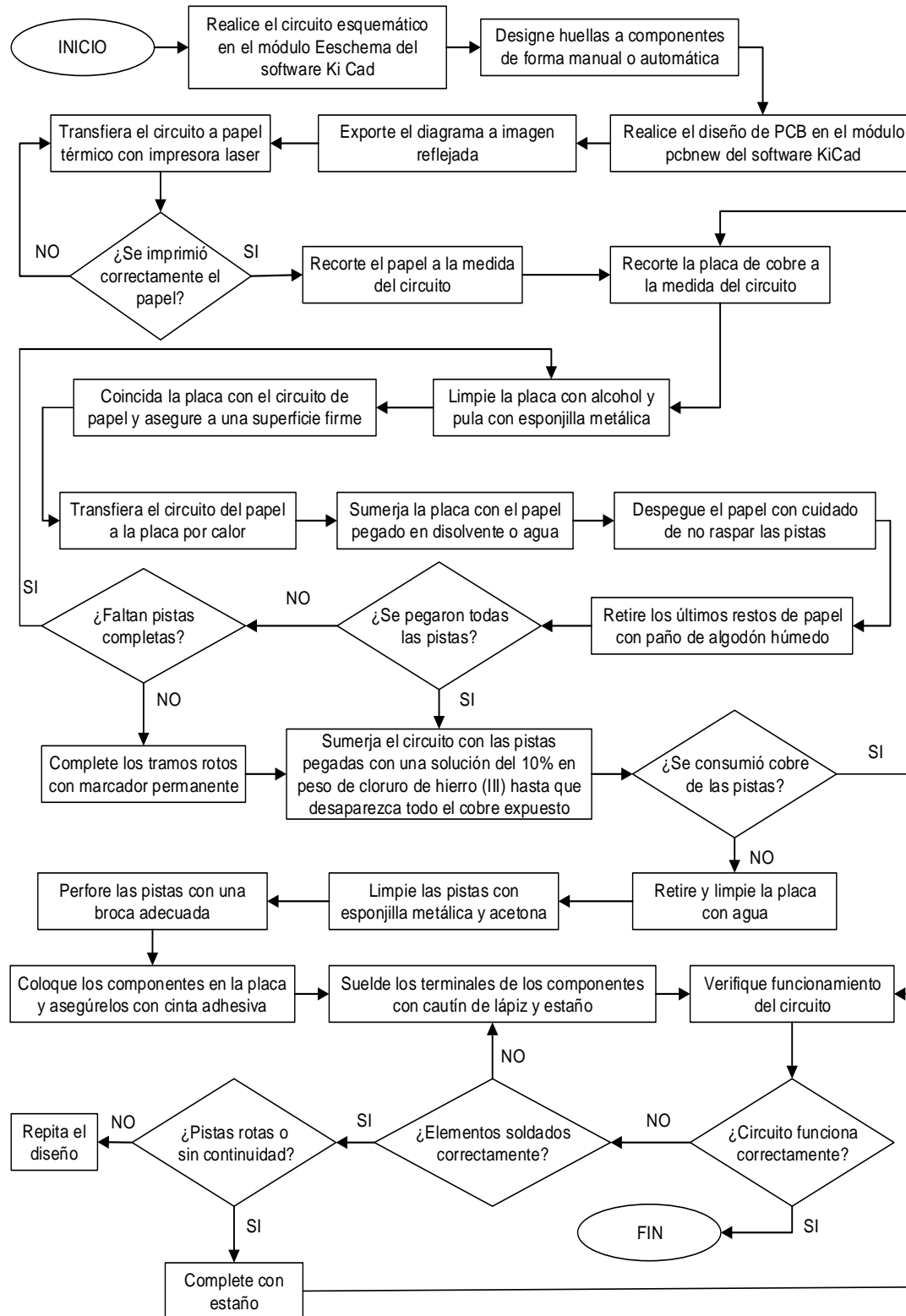
**Tabla 26.**  
**Cálculo de protección carga excesiva de corriente**

Detalle	Cantidad	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Corriente total (A)
Relés	2	12	0,27	3,24	0,54
Circuito de control	1	12	0,064	0,77	0,064
Microcontrolador	1	5	0,4	2	0,4
Sensor	1	5	0,01	0,05	0,01
<b>Total</b>				<b>6,06</b>	<b>1,014</b>

Dado que la corriente empleada por el sistema durante el funcionamiento de todos sus componentes es 1,014 A se seleccionó un fusible tubular de 1 A.

### 3.7 Diseño y fabricación de placas

El diseño de circuitos se realizó mediante el software KiCad que sirve para la creación de esquemas electrónicos y trazado de placas de circuito impreso. La fabricación requiere de herramientas que ayuden a preparar la placa y transferirle el circuito creado.



**Figura 38. Diagrama de flujo del diseño y fabricación de placas**

Se consolidó los esquemas de conexión en dos placas impresas en el diseño electrónico, control de la activación del sistema start-stop y posición de la palanca de cambios, figura 39.

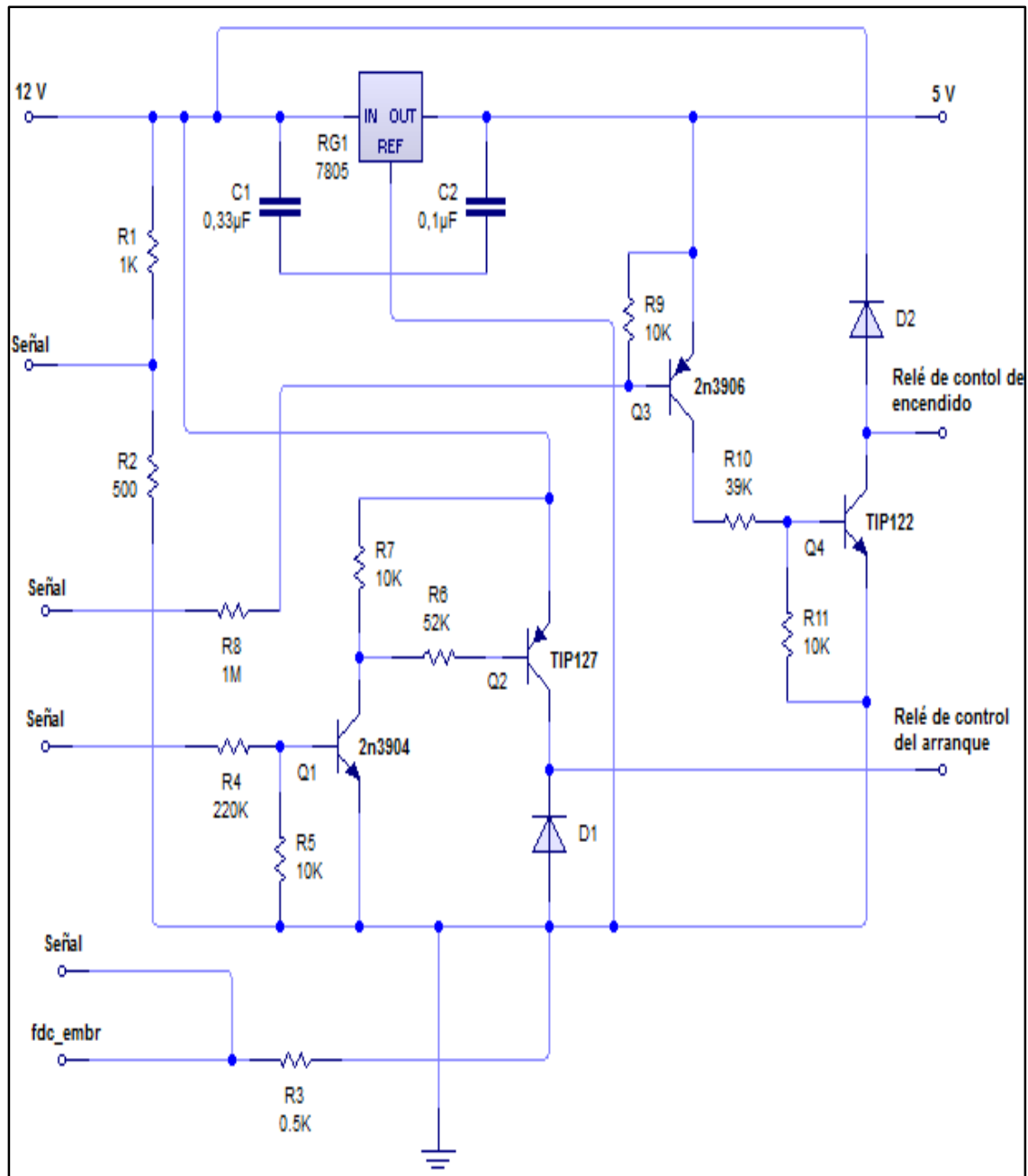


Figura 39. Diseño completo del circuito electrónico

Se utilizó el software Ki-CAD para el diseño del circuito impreso, en función de los parámetros de diseño como ancho de la pista, ángulo de posición y huella del elemento de acuerdo al espacio disponible. En la figura 40 se observa los diseños del circuito impreso del esquema completo y del sensor de la palanca de cambios, respectivamente.

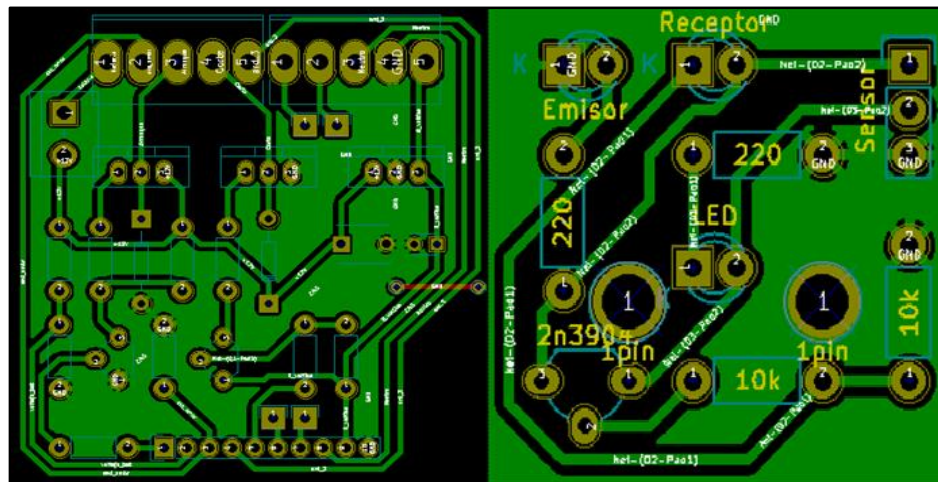


Figura 40. Diseño de placa del circuito completo y el sensor

Estos diseños se exportaron como imagen vectorial para imprimirse en papel termotransferible para pegarse en una placa de cobre.

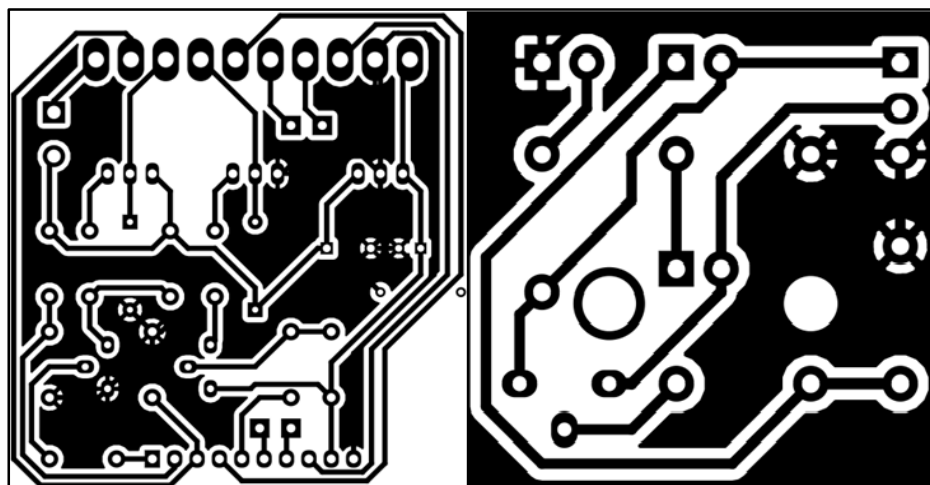
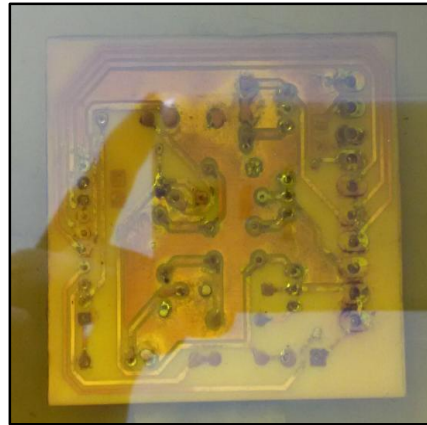


Figura 41. Circuito impreso del diseño esquemático

### 3.7.1 Fabricación de placas

El circuito se imprime en papel térmico para ser transferido a una placa de cobre pulida. Una vez adherido, se retira el papel de tal forma que las pistas queden cubiertas. La placa se sumerge en una solución de tricloruro de hierro para retirar el cobre no protegido, figura 42.



**Figura 42. Baquelita sumergida en ácido**

Una vez retirada la placa del ácido se realiza las perforaciones en las huellas de los elementos para colocar los componentes eléctricos y electrónicos mediante una unión de tipo permanente, figura 43.



**Figura 43. Proceso de suelda y placas finalizadas**

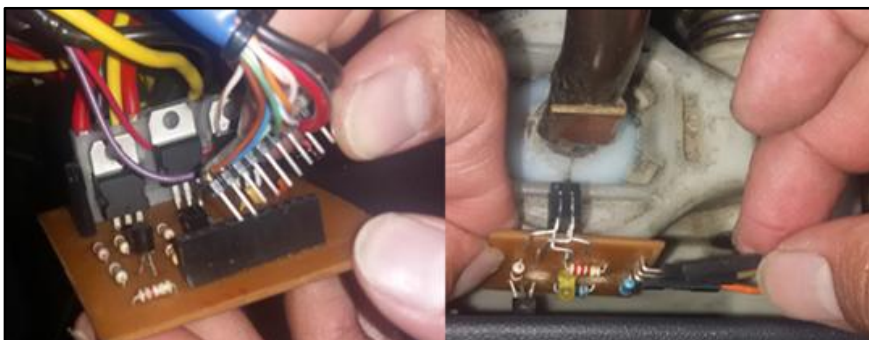
### 3.8 Montaje del sistema

En la figura 44 se muestra el final de carrera que determina la posición del pedal de embrague. Este dispositivo electromecánico está ubicado en la parte posterior de la base del pedal.



**Figura 44. Ubicación del final de carrera del embrague**

El circuito de control electrónico se ubicó en el compartimiento que se encuentra bajo el tablero de instrumentos mediante sujetadores plásticos. El sensor reflectivo se encuentra fijo en la base de nylon de la palanca de cambios, figura 45.



**Figura 45. Montaje y conexión de las placas**



El microcontrolador se colocó en el espacio en el que se encuentra la toma de 12 V, figura 46. Se retiró este conector y se hizo pasar los cables de alimentación, señal y control.



**Figura 46. Montaje y conexión del microcontrolador**

## CAPÍTULO IV

### 4. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 Introducción

Para la etapa de pruebas se utilizó el ciclo de conducción europeo, mediante el uso del banco dinamométrico Ips 3000 y ruta por las vías del DMQ bajo diferentes condiciones de congestión vehicular en el hipercentro de la ciudad de Quito.

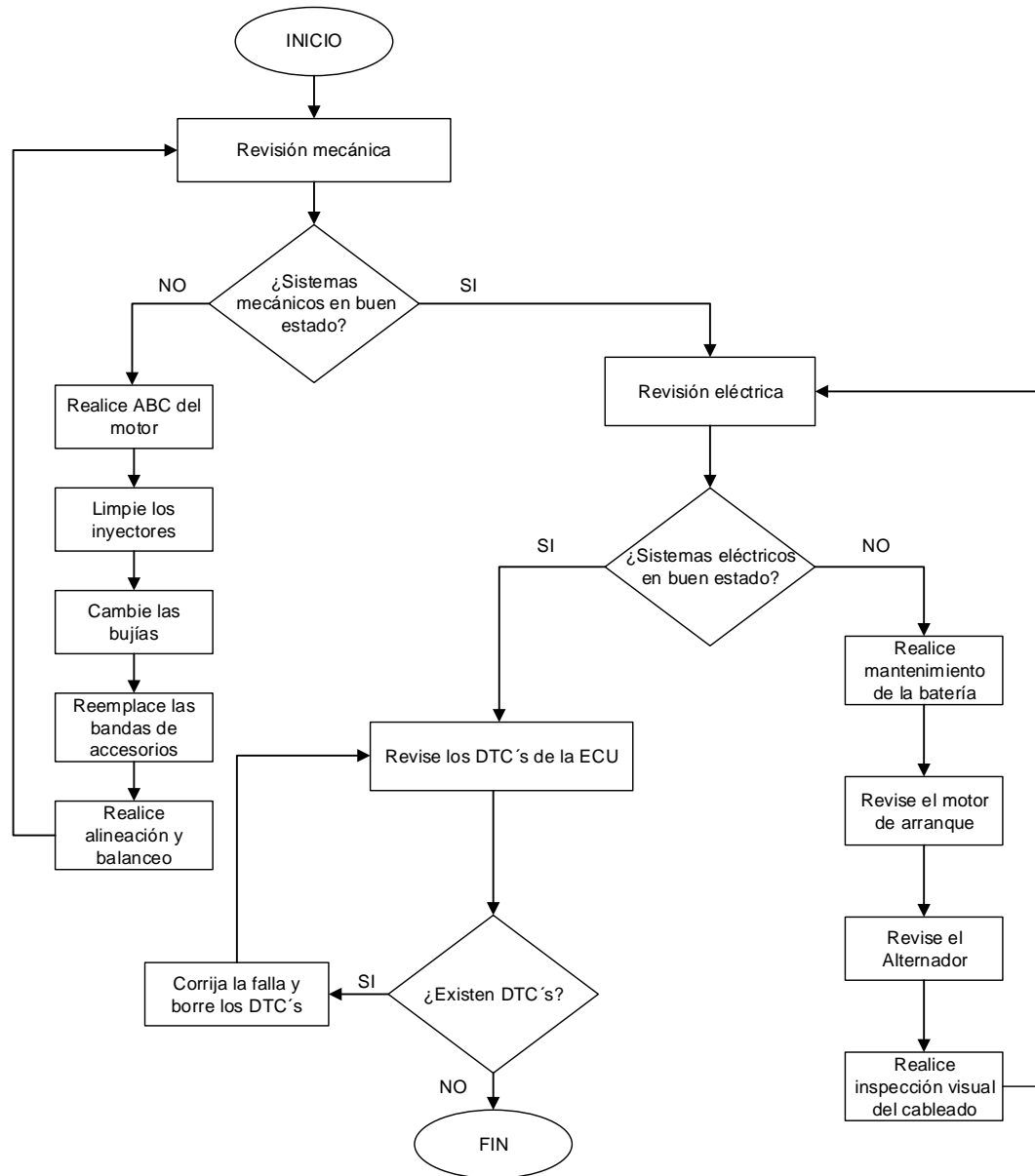
Se empleó el analizador de gases on board – axión go que mide hidrocarburos no combustionados, dióxido de carbono, monóxido de carbono, oxígeno y óxidos de nitrógeno producto del proceso de combustión para establecer la relación al consumo de combustible y emisiones que presenta el sistema start-stop.

#### 4.2 Lineamientos iniciales para pruebas

Para el correcto desarrollo de las pruebas se debe considerar y monitorear aspectos, basados en el ciclo europeo de conducción NEDC, como: afinación del vehículo, calibración y regulación de los equipos de medición, consideraciones previas a las pruebas.

##### 4.2.1 Afinación del vehículo

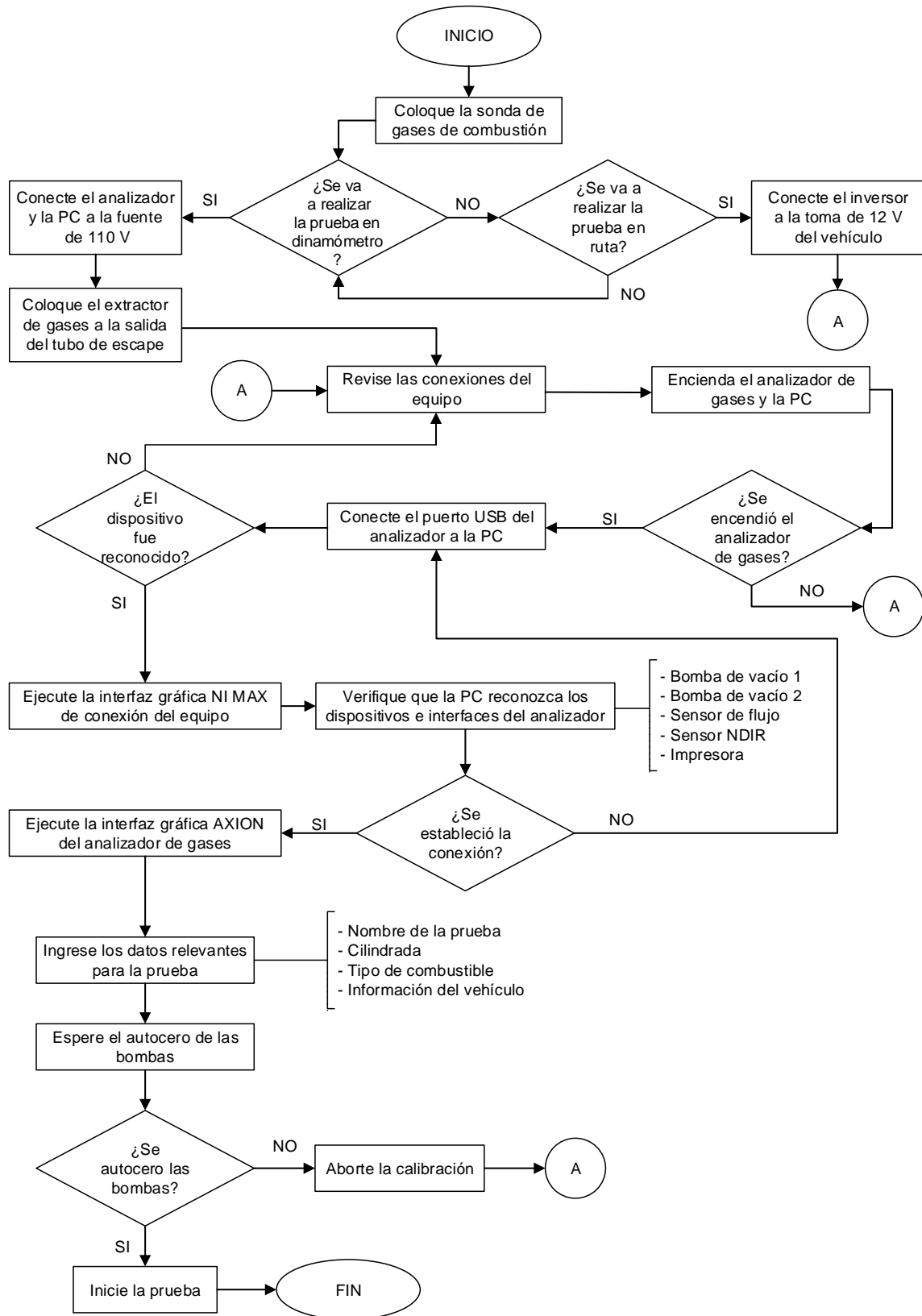
Consiste en realizar el mantenimiento a los sistemas necesarios para que el vehículo se encuentre a punto antes de ingresar a la etapa de pruebas.



**Figura 47. Diagrama de flujo de la afinación del vehículo**

#### 4.2.2 Calibración del equipo de medición de emisiones

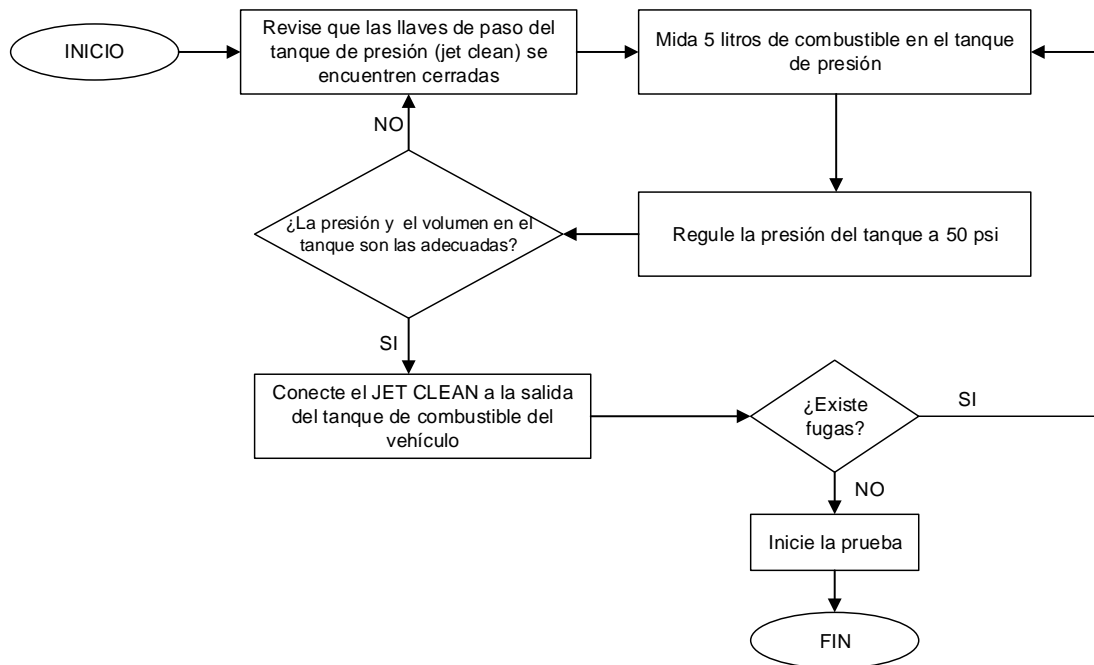
El analizador de gases axion go se calibra de forma automática. Para la prueba en ruta se utilizó un inversor de voltaje de 12 VDC a 110 VAC, que sirve como fuente de alimentación para el equipo de medición en el vehículo.



**Figura 48. Flujograma de la calibración del equipo para emisiones de gases**

### 4.2.3 Regulación del equipo de medición de consumo de combustible

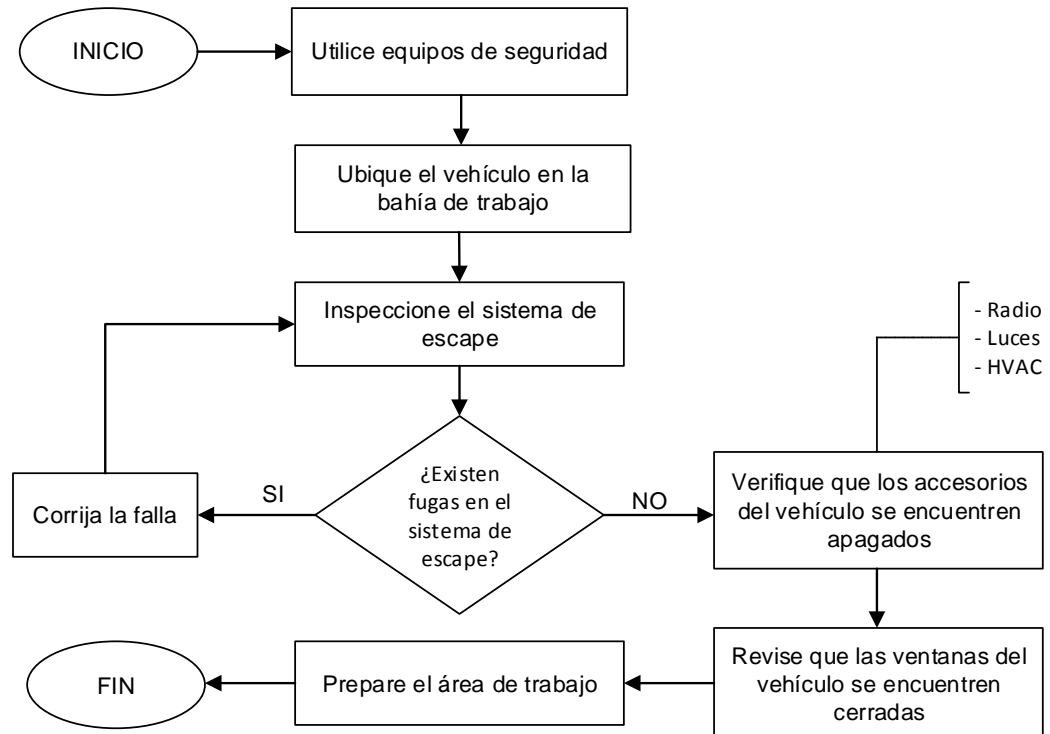
Consiste en enviar una cantidad de combustible a presión constante al riel de inyección. Al final de la prueba se puede determinar la cantidad de combustible empleado, restando el volumen sobrante de gasolina de la cantidad introducida al inicio de la prueba.



**Figura 49. Flujograma de la regulación del equipo para consumo de combustible**

### 4.2.4 Consideraciones previas a las pruebas

Se debe considerar el estado del lugar donde se va a realizar la prueba, la disponibilidad de equipos de seguridad y la desactivación de los consumidores eléctricos del vehículo, antes de empezar con las pruebas para disminuir la incidencia sobre el consumo de combustible y las emisiones de gases.



**Figura 50. Diagrama de flujo de las consideraciones previas a las pruebas**

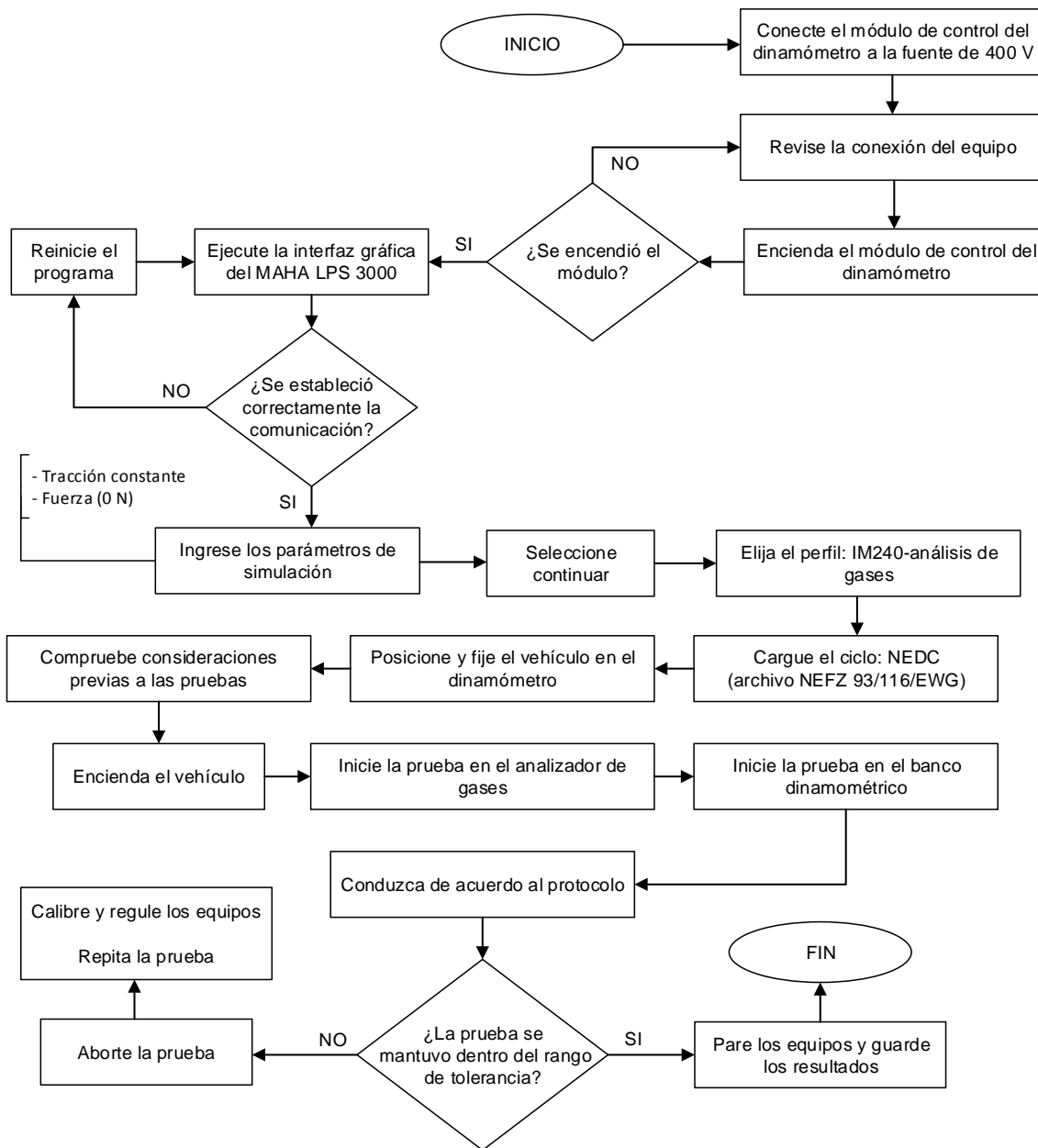
### 4.3 Procedimientos de las pruebas

Para la realización de las pruebas de emisiones y consumo de combustible es necesario conocer los protocolos de conducción NEDC, el cual tiene una distancia de 11 km, una duración de 0,33 horas y una velocidad media de 33,6 km/h, así como en ruta que permite poner al sistema en funcionamiento en condiciones de congestión vehicular.

Las pruebas se realizaron en el vehículo Hyundai Getz 1,6 con motor de ciclo Otto, se utilizó como combustible de prueba la gasolina extra para efectuar los ensayos previstos de acuerdo a los métodos establecidos.

### 4.3.1 NEDC

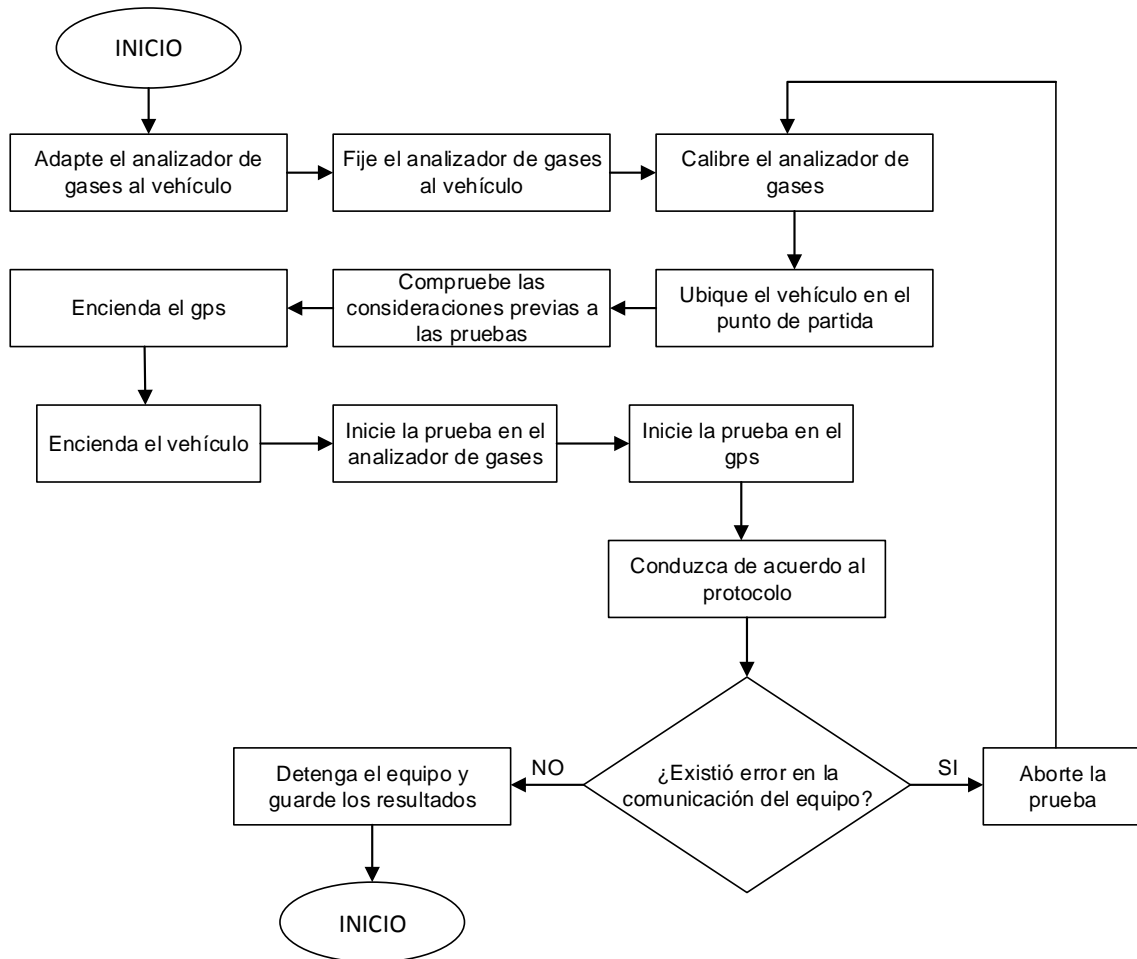
El banco dinamométrico permite ingresar parámetros de simulación de carga característicos del ciclo NEDC como la fuerza y la tracción que se utilizan para representar una conducción en una carretera de pendiente cero. Durante la prueba es necesario acelerar según muestre en pantalla la señal del indicador, para no salir del rango de tolerancia.



**Figura 51. Diagrama de flujo del procedimiento de pruebas en dinamómetro**

### 4.3.2 Ruta

Se utilizó el gps ya que permite conocer la ubicación exacta, el tiempo que el vehículo estuvo en movimiento, detenido, la distancia recorrida y la duración de la prueba. Para la realización de este ciclo en ruta se consideró que exista un clima favorable con una temperatura entre 20 y 30 °C.



**Figura 52. Diagrama de flujo del procedimiento para pruebas en ruta**

### 4.3.3 Comprobación de la batería

Este procedimiento permite verificar el estado de la batería y su respuesta en diferentes condiciones de funcionamiento.



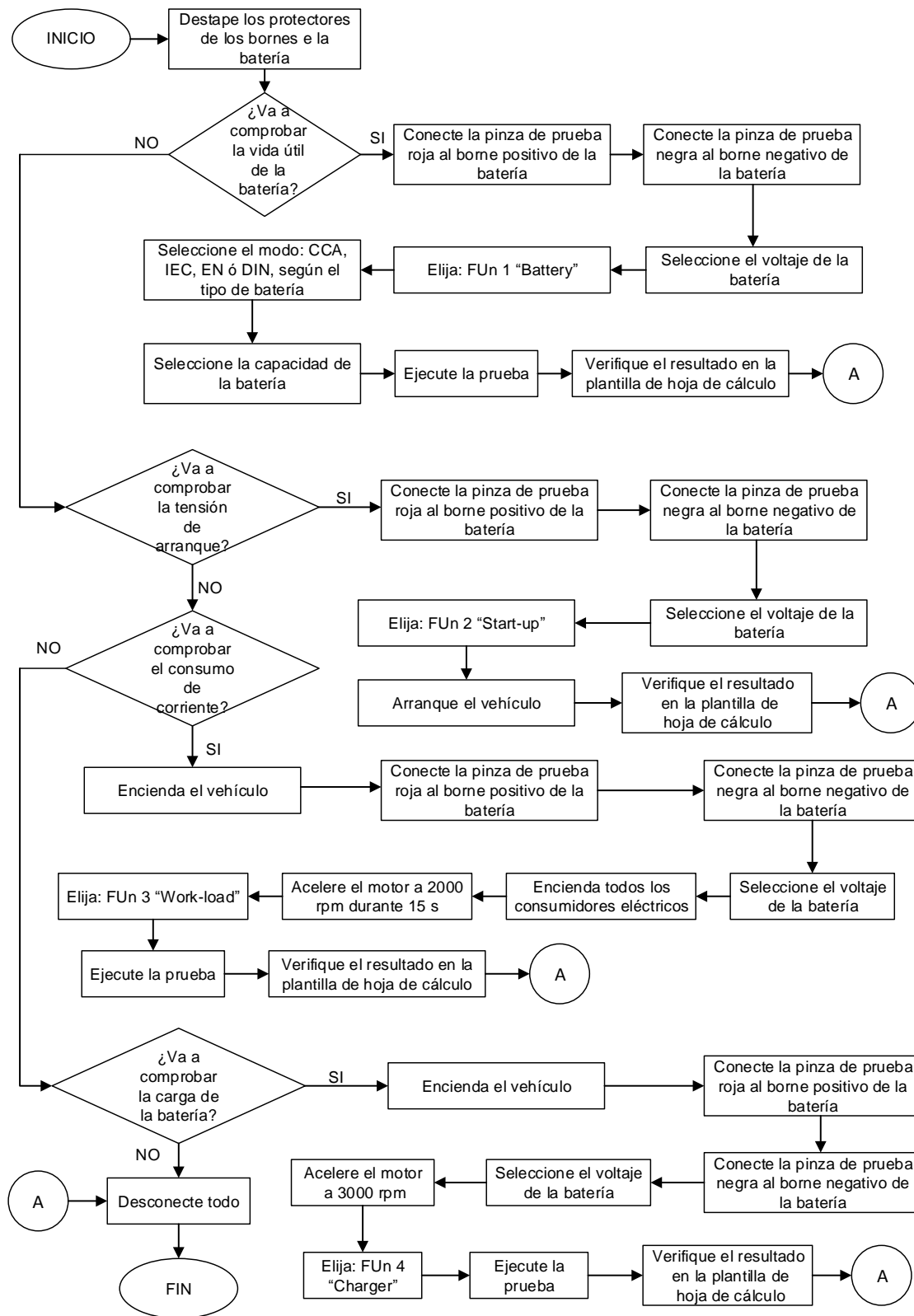


Figura 53. Diagrama de flujo para comprobar el estado de la batería

#### 4.4 Consumo de combustible

Para el desarrollo de esta prueba se utilizó un tanque de presión jet clean y probetas graduadas de 5 l, para determinar la cantidad de combustible consumida por el vehículo en los ciclos de conducción NEDC y en ruta. En el banco dinamométrico se simuló un recorrido de 11,016 km.

**Tabla 27. Pruebas de consumo de combustible utilizando el protocolo de conducción NEDC**

Parámetros	NEDC							
	Estándar				Start-stop			
	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio
<b>Consumido (l)</b>	0,68	0,77	0,71	0,720	0,67	0,66	0,64	0,656
<b>Consumo (l/km)</b>	0,06	0,07	0,06	0,065	0,06	0,06	0,06	0,059
<b>Rendimiento (km/gal)</b>	61,32	54,15	58,73	58,064	62,23	63,18	65,15	63,518

En la prueba en ruta el gps marcó un trayecto aproximado de 8,2 km, que concluyo en el mismo punto de partida.

**Tabla 28. Pruebas de consumo de combustible utilizando el protocolo de conducción ruta**

Parámetros	RUTA							
	Estándar				Start-stop			
	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio
<b>Consumido (l)</b>	1,03	0,84	0,86	0,91	0,83	0,78	0,80	0,803
<b>Consumo (l/km)</b>	0,13	0,10	0,10	0,110	0,10	0,10	0,10	0,098
<b>Rendimiento (km/gal)</b>	30,17	36,95	36,22	34,447	37,53	39,79	38,70	38,674

## 4.5 Emisiones

El analizador de gases portátil axion go determinó la concentración porcentual de CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub>; partículas por millón de HC y NO<sub>x</sub>. El equipo entrega los datos obtenidos en formato de texto plano, los cuales deben ser tabulados mediante una hoja de cálculo.

### 4.5.1 NEDC – Estándar

En la figura 54 se observa que el valor mínimo de CO<sub>2</sub> presente en los gases de escape es aproximadamente 3,8%, mientras que el valor máximo alcanzado fue del 15%, ambos en la Prueba 1. A medida que transcurre el tiempo de la prueba y la temperatura del motor aumenta, los valores mínimos de CO<sub>2</sub> incrementan. Se aprecia que las caídas en el porcentaje de este gas ocurren en intervalos similares de tiempo.

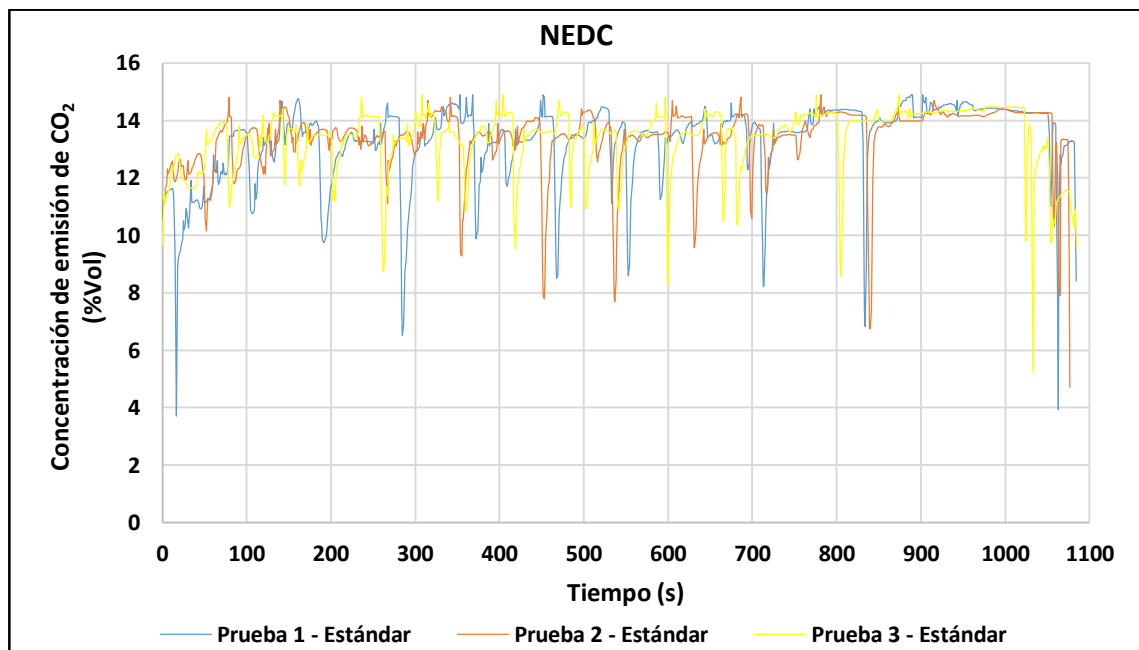
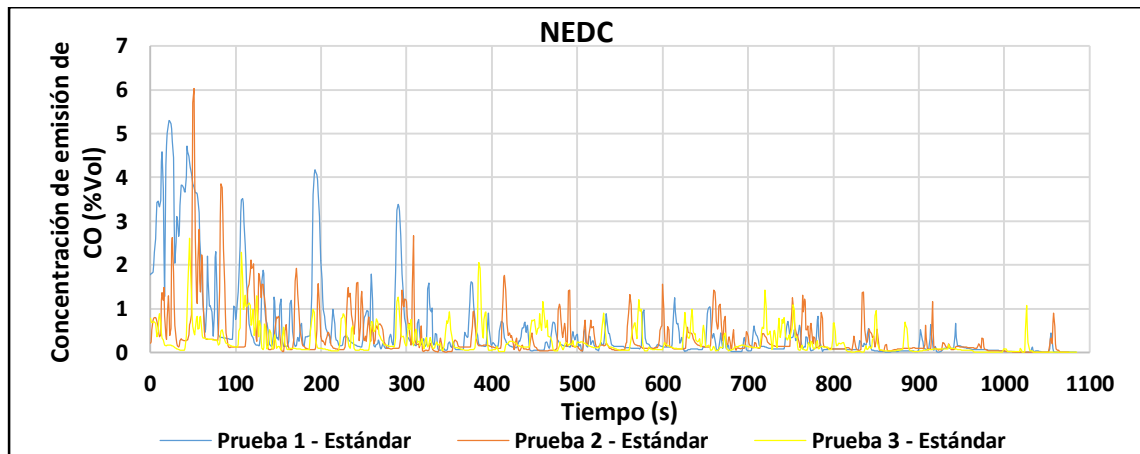


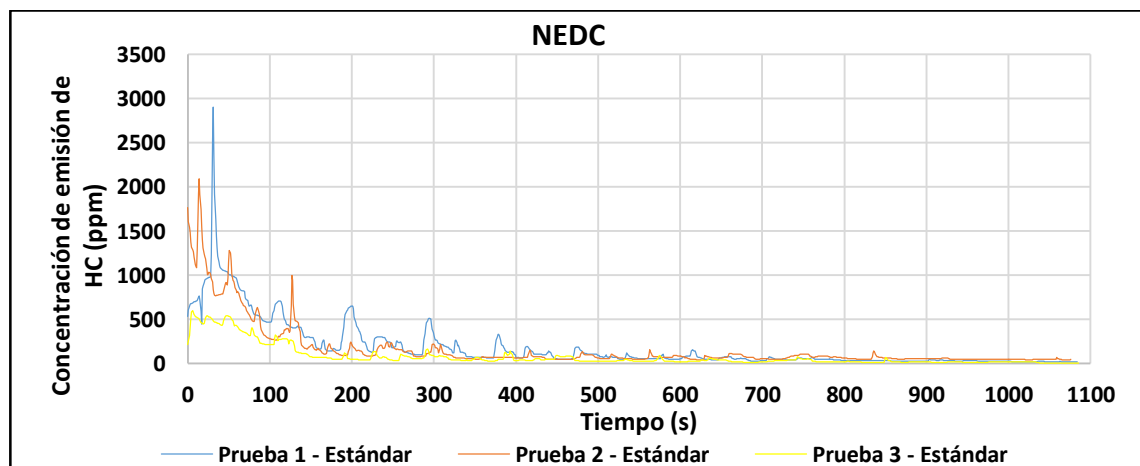
Figura 54. CO<sub>2</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC - Estándar

La gráfica de CO en función del tiempo indica que el valor mínimo de volumen de este gas es cercano a cero, mientras que el valor máximo alcanza el 6% del total, lo que ocurre cerca del inicio de la segunda prueba cuando el motor se encuentra bajo la temperatura nominal de funcionamiento. En la figura 55 se observa que a medida que transcurre la prueba y se eleva la temperatura del motor, el valor de CO alcanza picos que no superan el 2%.



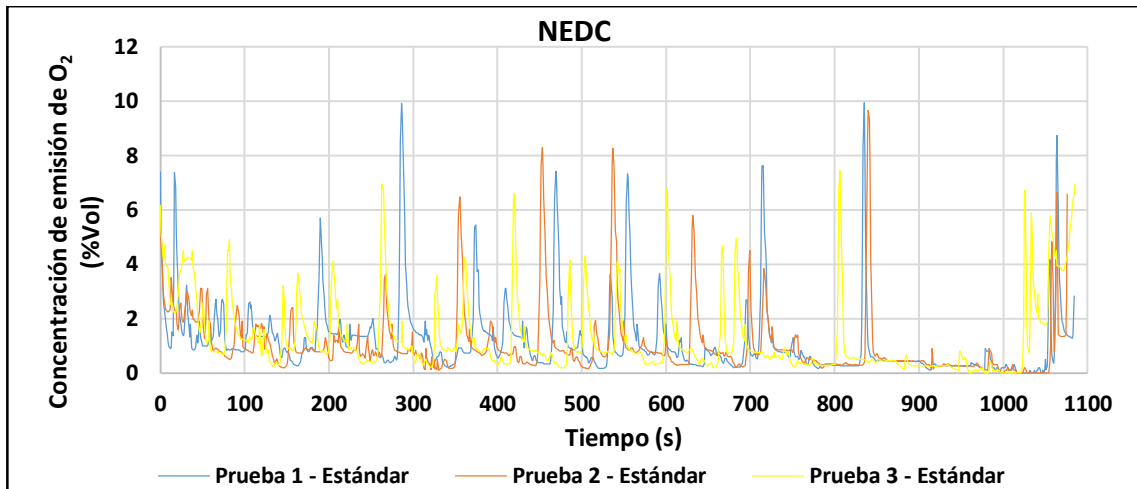
**Figura 55. CO VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC - Estándar**

El nivel máximo de hidrocarburos presente en los gases de escape es de aproximadamente 3000 ppm, mientras que el valor mínimo es cercano a cero. Se advierte que los valores más altos están presentes al inicio de la prueba cuando el motor y el catalizador están por debajo de sus temperaturas de operación, esto se denota en la figura 56.



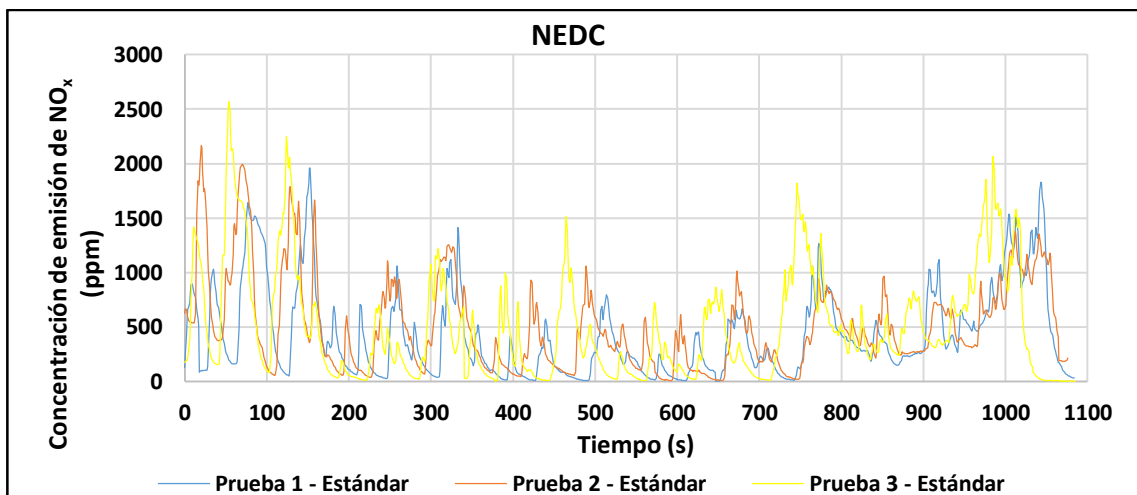
**Figura 56. HC VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC - Estándar**

En la figura 57 se muestra el porcentaje de oxígeno presente en los gases de escape durante la prueba, el valor máximo alcanzado es del 10% del volumen, mientras que el valor mínimo es cercano a cero. A diferencia de los otros gases el porcentaje de oxígeno mantiene valores máximos elevados a lo largo de toda la prueba.



**Figura 57. O<sub>2</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC - Estándar**

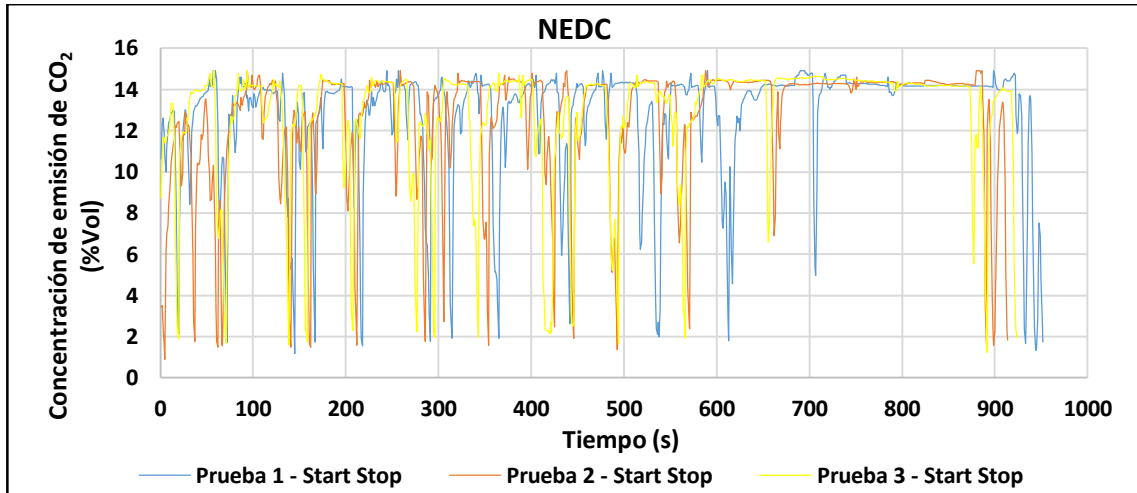
Se puede reconocer tres etapas, la primera que ocurre al inicio de la prueba donde el nivel de NO<sub>x</sub> tiene picos más elevados. Una segunda etapa intermedia que posee los niveles más bajos y constantes de NO<sub>x</sub>, figura 58. La última etapa indica otro aumento en el nivel óxidos de nitrógeno, pero no tan elevados como al inicio.



**Figura 58. NO<sub>x</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC - Estándar**

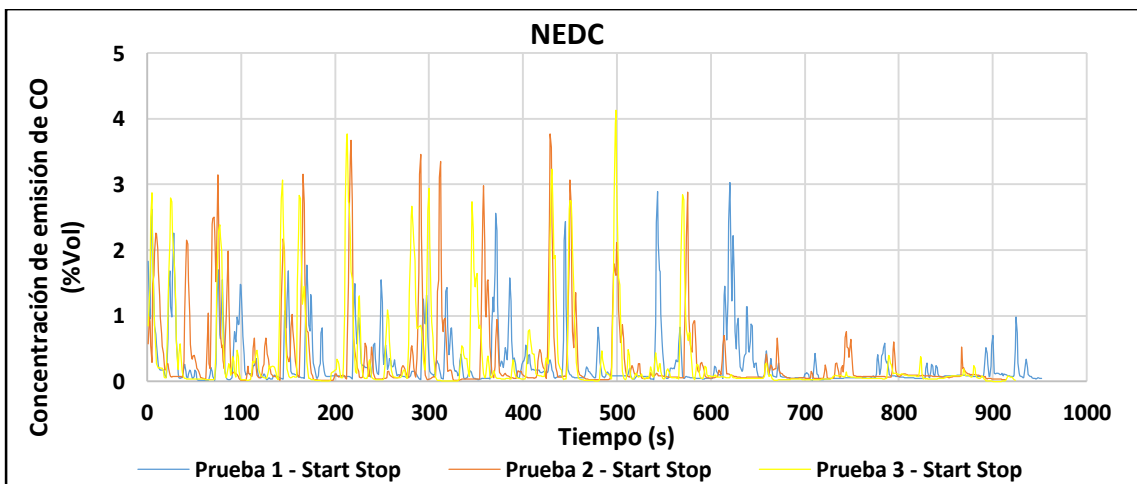
#### 4.5.2 NEDC – Start stop

El nivel de CO<sub>2</sub> mínimo alcanzado es menor a 2%, mientras que el valor máximo superó el 14% del volumen de este gas. Esta secuencia de valores se repite a lo largo de la prueba y no varía demasiado con respecto al tiempo que lleve al motor alcanzar su temperatura de funcionamiento, esto se evidencia en la figura 59.



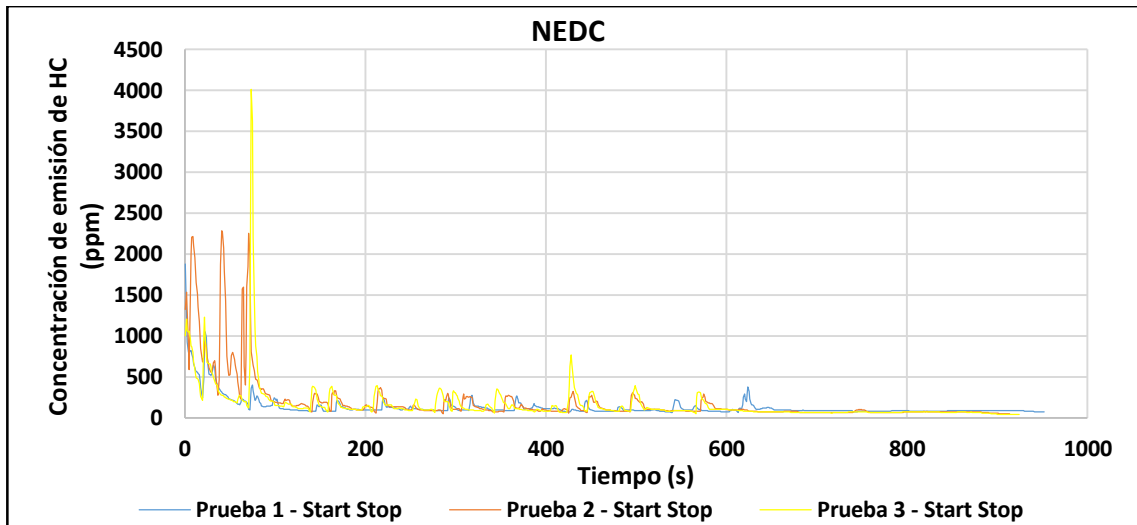
**Figura 59. CO<sub>2</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Start stop**

En la figura 60 se evidencia que el nivel de monóxido alcanza un valor máximo del 4% del volumen de gases de escape, mientras que el valor mínimo es cercano al 0%. El valor máximo no se obtuvo al inicio de la prueba sino cerca de la mitad, además aproximadamente al final de la prueba los valores disminuyen drásticamente hasta terminar.



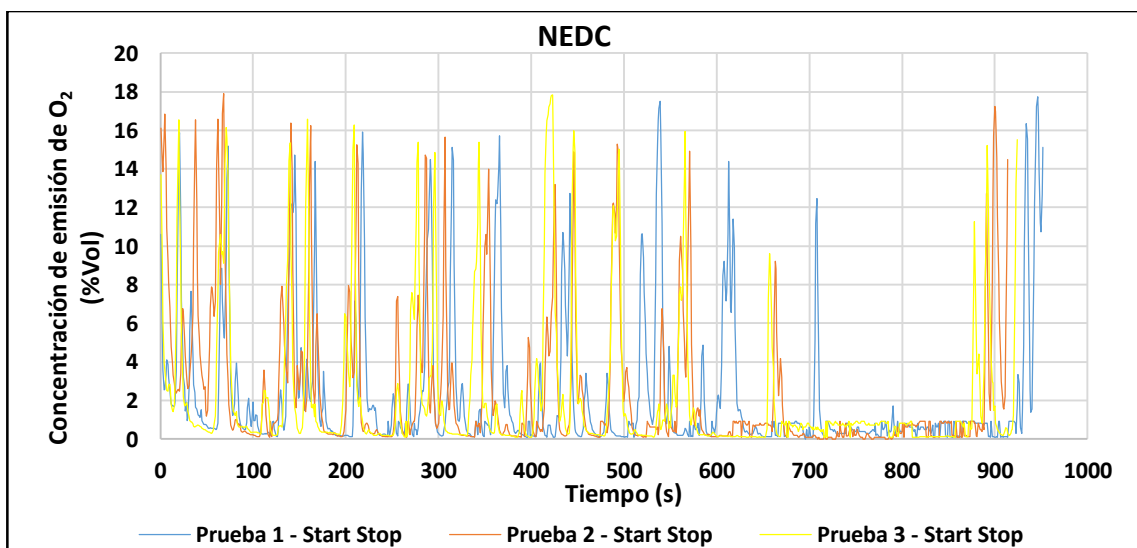
**Figura 60. CO VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Start stop**

Los valores máximos de HC se encuentran al principio de la prueba y tienen un pico de aproximadamente 4000 ppm, conforme se eleva la temperatura de funcionamiento del motor este valor se estabiliza alcanzando valores muy cercanos a cero, como se muestra en la figura 61.



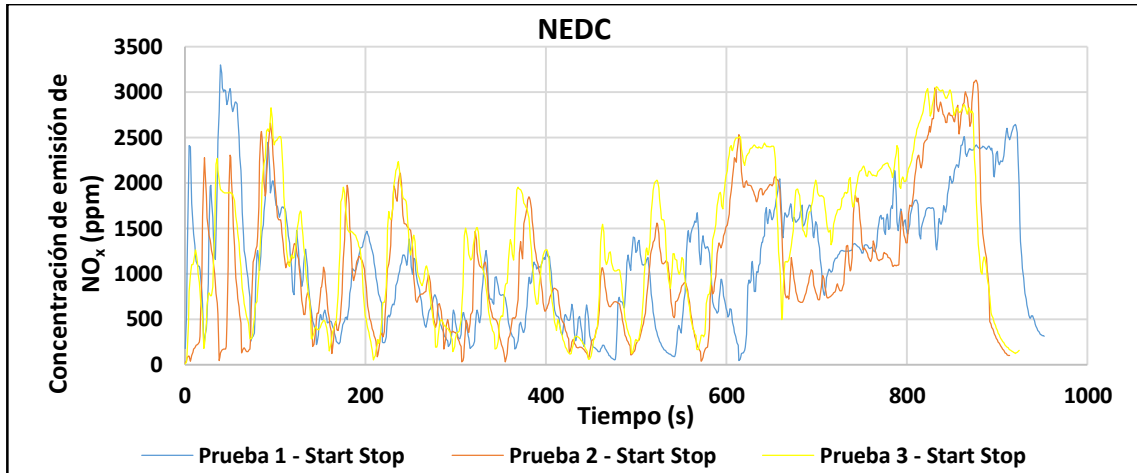
**Figura 61. HC VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Start stop**

Los picos del nivel de oxígeno no desaparecen a medida que transcurre la prueba como se ve en la figura 62, el valor máximo alcanzado es el 18% del volumen de los gases de escape y ocurre tres veces. El valor mínimo tiende a cero.



**Figura 62. O<sub>2</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Start stop**

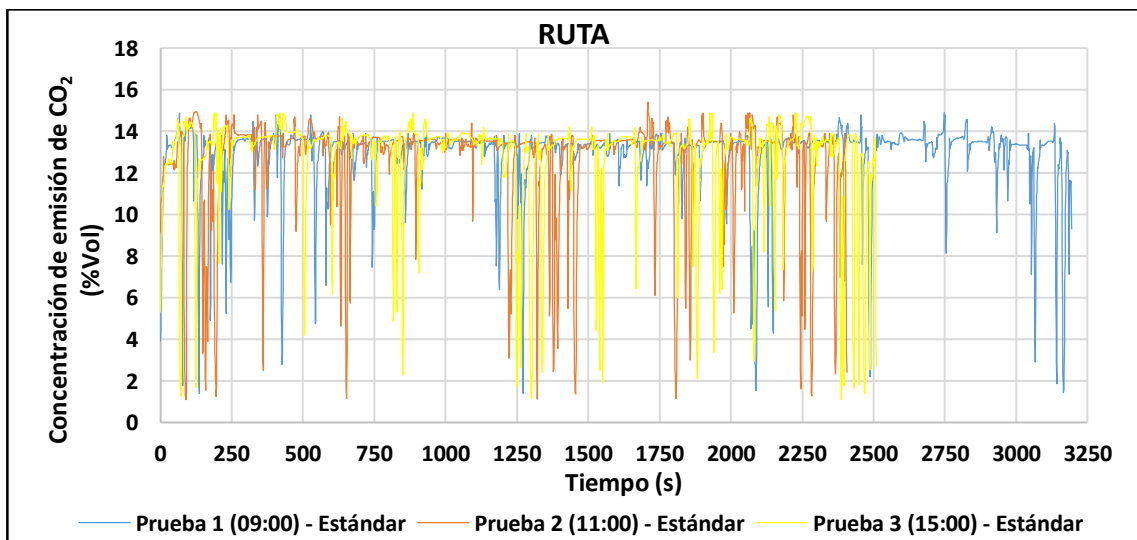
El valor máximo alcanzado de  $\text{NO}_x$  es de 3250 ppm, mientras que el valor mínimo es cercano a cero. Se puede diferenciar que al inicio y al final de la prueba se encuentran los valores más elevados de estos gases, en cambio los picos bajos ocurren a mitad del desarrollo, lo que queda evidenciado en la figura 63.



**Figura 63.  $\text{NO}_x$  VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Start stop**

#### 4.5.3 Ruta - Estándar

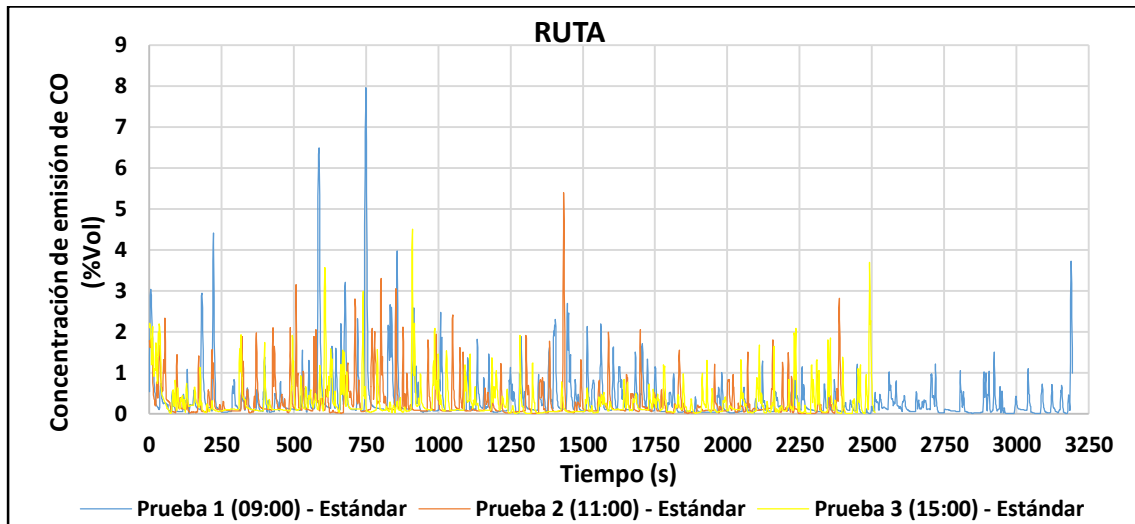
En la figura 64 se aprecia un mayor número de valles en el nivel de  $\text{CO}_2$ . El valor máximo de volumen de dióxido presente en los gases de escape es de aproximadamente un 15%, mientras que el valor mínimo alcanza un valor cercano al 1%. Este gas no se ve mayormente afectado por el tiempo transcurrido.



**Figura 64.  $\text{CO}_2$  VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta – Estándar**

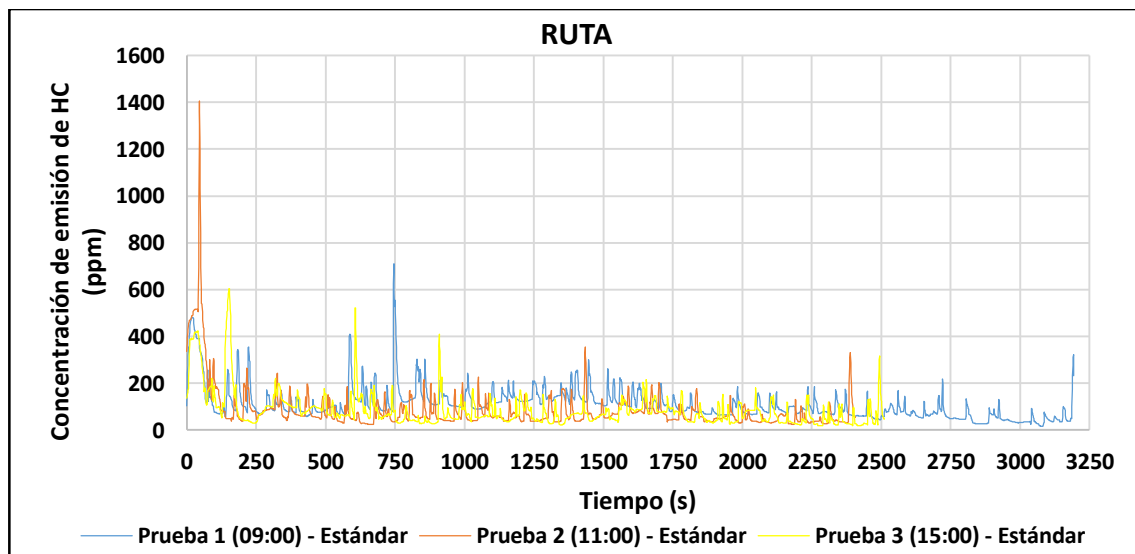


El valor máximo alcanzado de CO no ocurre al inicio de la prueba, sino que sucede después de un tiempo y alcanza un pico de 8%, figura 65, posteriormente empieza a disminuir pero no se estabiliza totalmente a un valor cercano a cero.



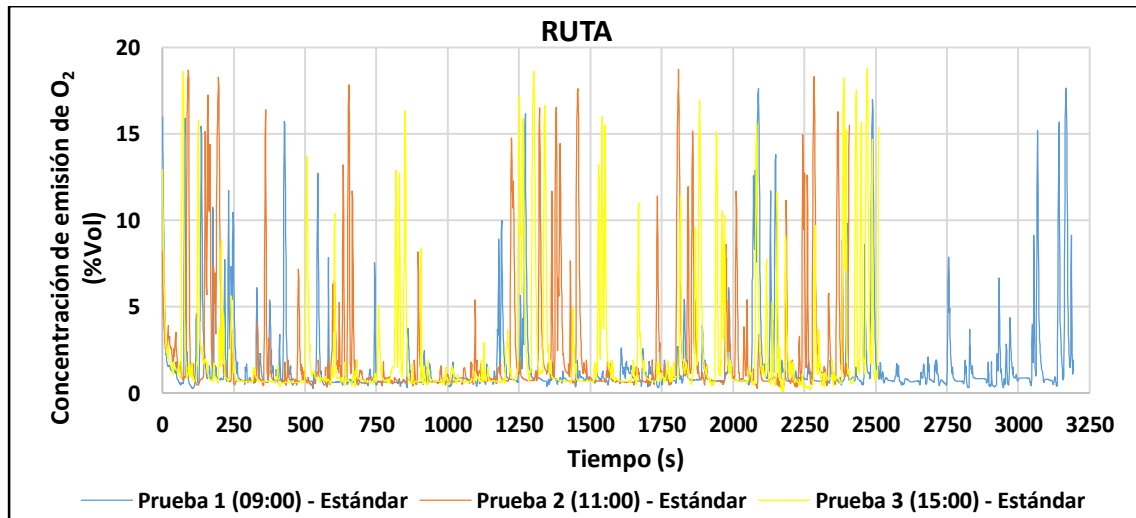
**Figura 65. CO VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta - Estándar**

Los hidrocarburos no combustionados presentes en los gases de escape durante la prueba alcanzan un pico máximo de 1400 ppm, mientras que su valor mínimo es aproximadamente cero. Se observa que a medida que transcurre el tiempo el valor se va estabilizando, pero con la presencia de pequeños picos. En la figura 66 se puede ver este comportamiento.



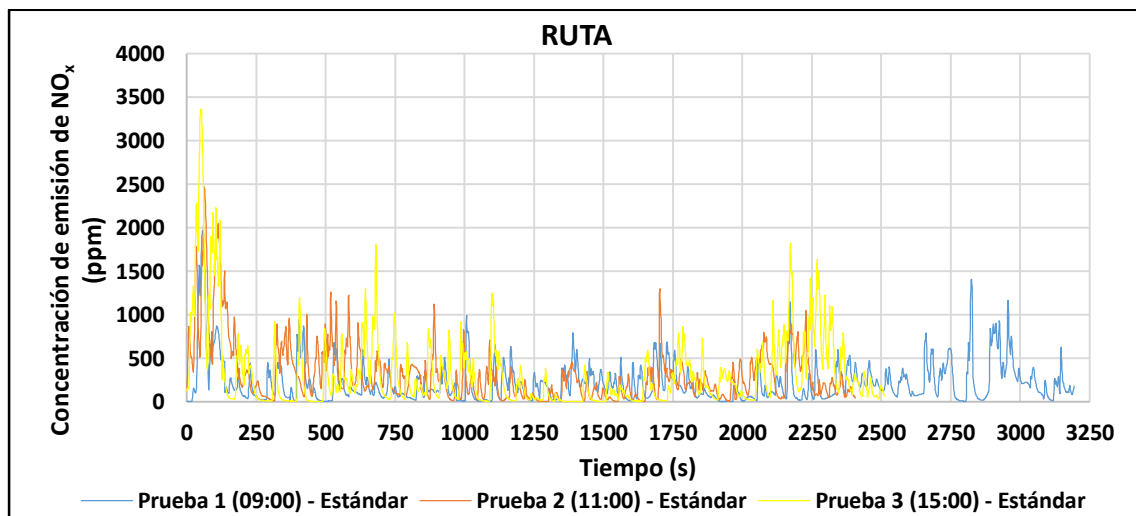
**Figura 66. HC VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta - Estándar**

En la figura 67 se puede observar que la gráfica del oxígeno se desarrolla de forma inversa a la del CO<sub>2</sub>, existiendo picos máximos de O<sub>2</sub> donde hay caídas en el porcentaje de dióxido. El valor máximo alcanzado es de 18%, mientras que el valor mínimo es cercano a cero. Se evidencia que no existe una variación significativa entre los valores inicial y final.



**Figura 67. O<sub>2</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta - Estándar**

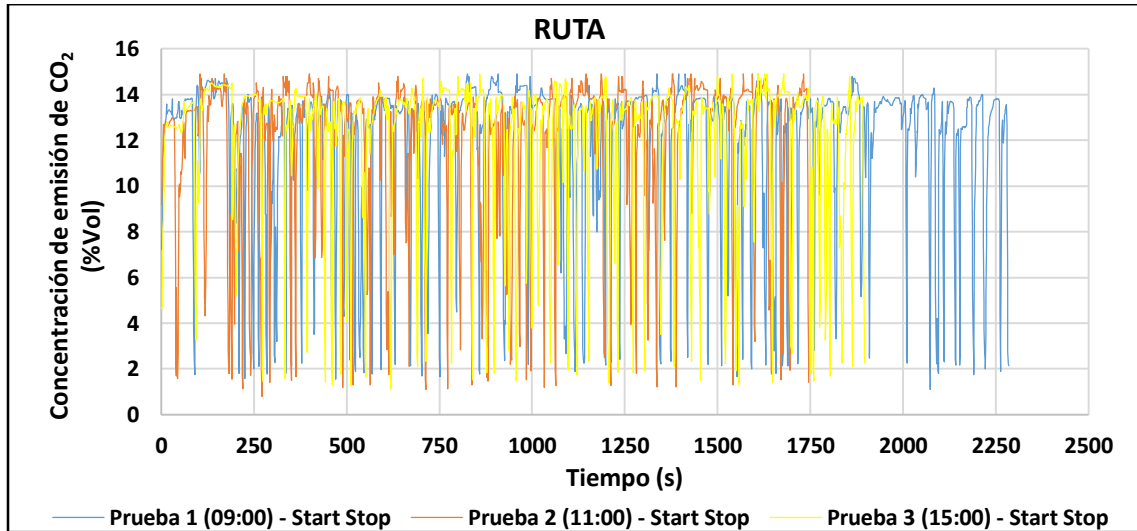
Se observa que el valor máximo de NO<sub>x</sub> se encuentra al comienzo de la prueba y es 3400 ppm aproximadamente. En la figura 68 se aprecia que este valor no se estabiliza a medida que pasa el tiempo y existen picos pequeños hasta el final.



**Figura 68. NO<sub>x</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta - Estándar**

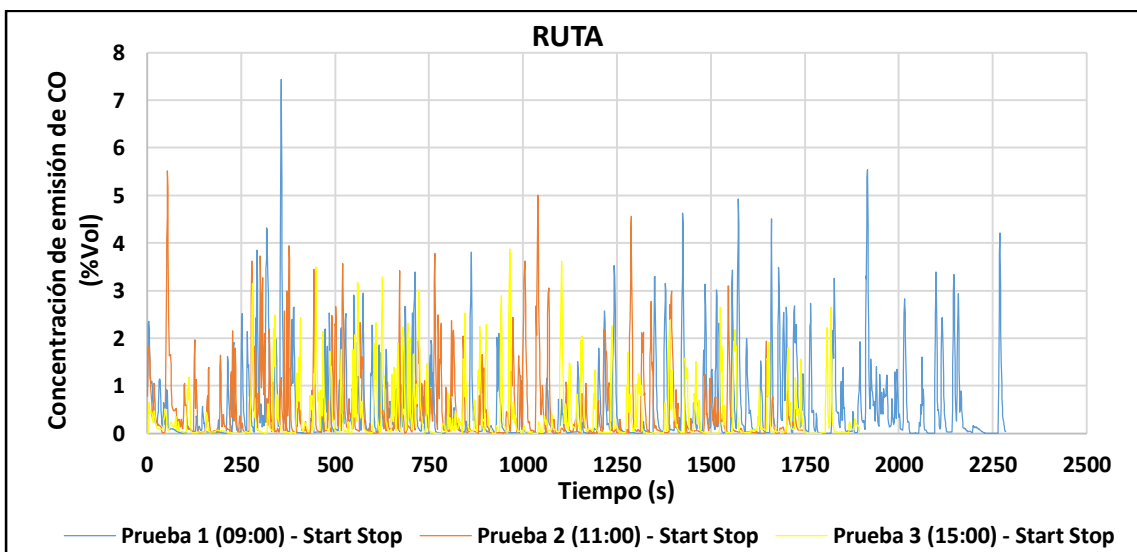
#### 4.5.4 Ruta – Start stop

Se observa que el número de valles del nivel de CO<sub>2</sub> aumenta de tal forma que en la gráfica no se aprecia fácilmente el total de estos. El valor mínimo alcanzado es cercano al 1%, mientras que el máximo se aproxima al 15%. , esto se denota en la figura 69.



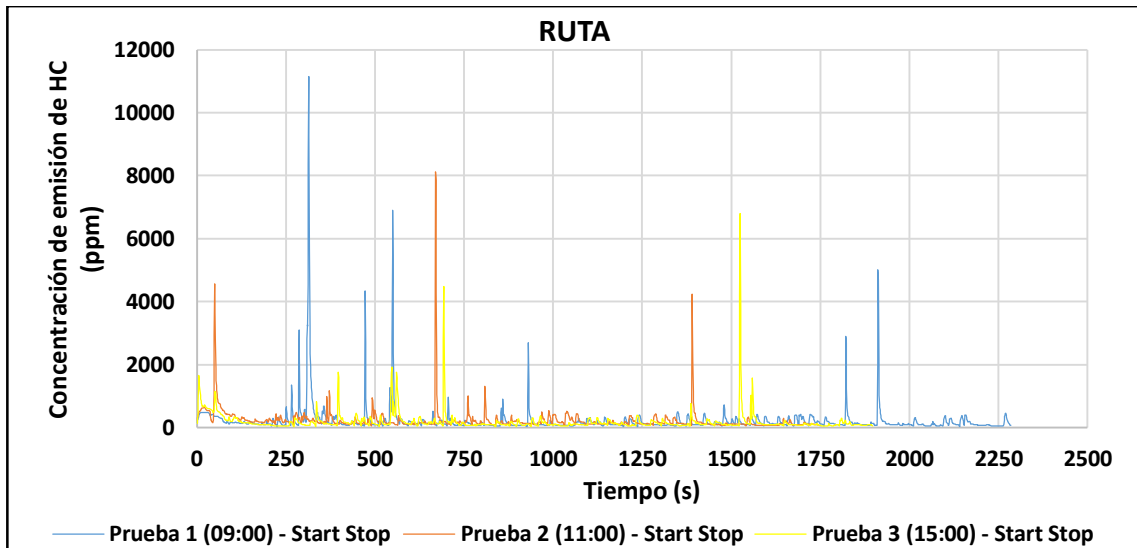
**Figura 69. CO<sub>2</sub> VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta – Start stop**

En la figura 70 se aprecia que los valores de monóxido de carbono no se estabilizan al transcurrir la prueba, alcanzando un valor máximo cercano al 8% del volumen de gases de escape.



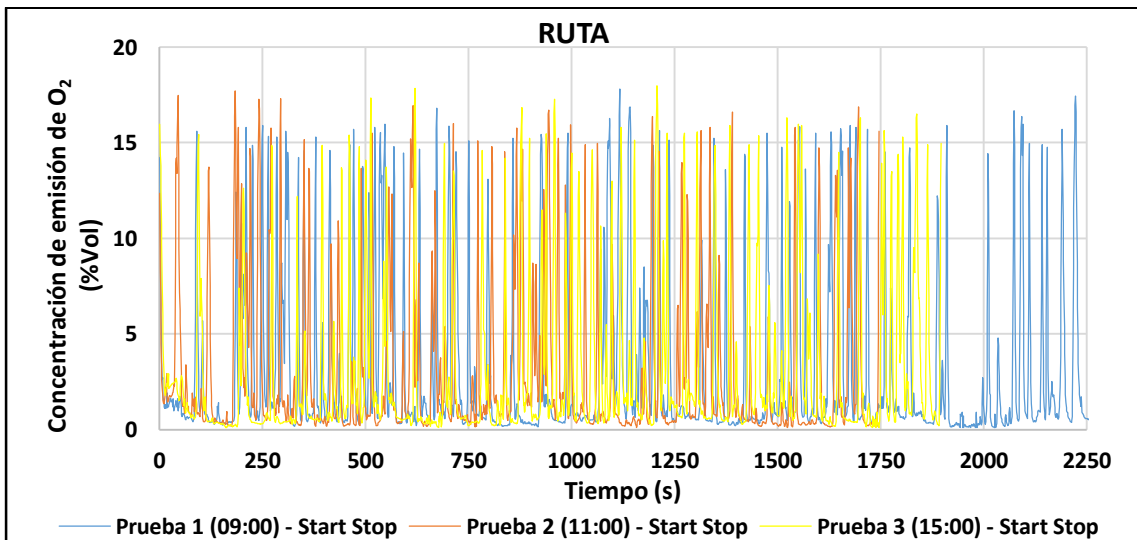
**Figura 70. CO VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta – Start stop**

El nivel de hidrocarburos presentes en los gases de escape tiene picos más grandes al inicio de la prueba, alcanzando un valor cercano a las 11000 ppm, figura 71, se estabilizan a medida que transcurre el tiempo pero con presencia esporádica de pequeños picos.



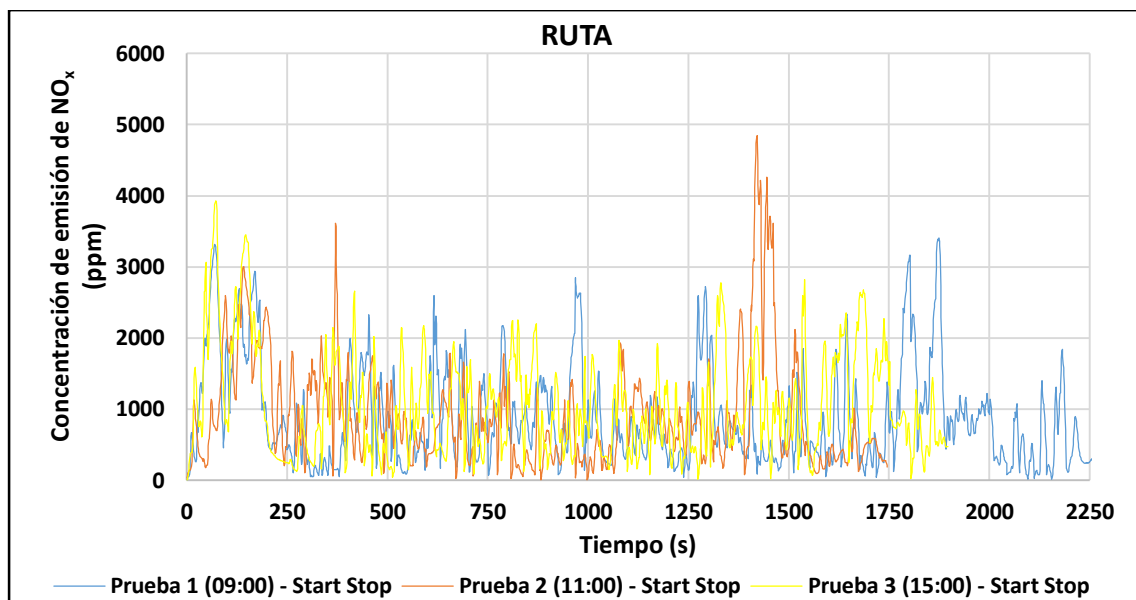
**Figura 71. HC VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta – Start stop**

Se observa un incremento en el número de picos de  $O_2$  a lo largo de la prueba en comparación al resultado obtenido sin el sistema. Estos picos alcanzan un valor máximo del 18% de volumen de gases de escape. En la figura 72 se puede ver este comportamiento.



**Figura 72.  $O_2$  VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta – Start stop**

En la figura 73 el valor máximo de  $\text{NO}_x$  alcanzado durante la prueba es de aproximadamente 5000 ppm y ocurre cerca del final de la prueba. Al inicio existen valores elevados que disminuyen a la mitad del transcurso de la prueba, sin llegar a estabilizarse.



**Figura 73.  $\text{NO}_x$  VS Tiempo utilizando el ciclo Ruta – Start stop**

#### 4.6 Estado de la batería

El estado de la batería al final de todas las pruebas con ciclo NEDC y en ruta se realizaron con el comprobador de baterías DUOYI, que determina la vida útil de la batería, la caída de tensión durante el arranque, la capacidad de la batería para alimentar a los consumidores eléctricos.

##### 4.6.1 Vida útil de la batería

La vida útil de la batería indica un valor porcentual de la capacidad remanente del acumulador basándose en la capacidad nominal de este elemento según la norma bajo la cual fue fabricada.

La prueba se realizó siguiendo el procedimiento indicado en el diagrama de la figura 48, obteniendo un valor de vida útil del 89% que se puede ver en la fotografía de la figura. Esta prueba se realizó con un valor de 620 CCA, que es el valor nominal de capacidad de la batería.




**Figura 74. Resultado de la prueba de vida útil de la batería**

#### 4.6.2 Caída de tensión durante el arranque

Esta prueba se realizó en 14 ocasiones, tomando en cuenta el tiempo de duración del ciclo NEDC y el número de veces que el motor se pone en ralentí, con lo que se obtuvo un resultado aproximado al funcionamiento real del vehículo con el sistema start-stop. De los datos obtenidos se puede apreciar como en dos ocasiones la tensión disminuye por debajo del límite estándar, como se muestra en la tabla 29.

**Tabla 29.  
Resultados de la prueba de caída de tensión**

Caída de tensión (V)	Estado de la batería
11,40	Buena
11,10	Buena
11,29	Buena
10,97	Buena
11,29	Buena

CONTINÚA 

---

11,57	Buena
11,24	Buena
11,48	Buena
11,57	Buena
10,94	Buena
11,49	Buena
11,29	Buena
11,40	Buena

---

Según las referencias del manual, donde se señala que todos los valores superiores a 10,4 V equivalen a una condición buena, todos los voltajes de prueba indican que la batería se encuentra en buen estado.

#### 4.6.3 Consumo de corriente

La ejecución de esta prueba se realiza acelerando el motor a 2000 rpm y encendiendo los consumidores eléctricos como luces, radio. En la figura 75 se puede apreciar el resultado de esta prueba, el cual al ser comparado con el valor del manual, indica que la batería se encuentra en buenas condiciones.

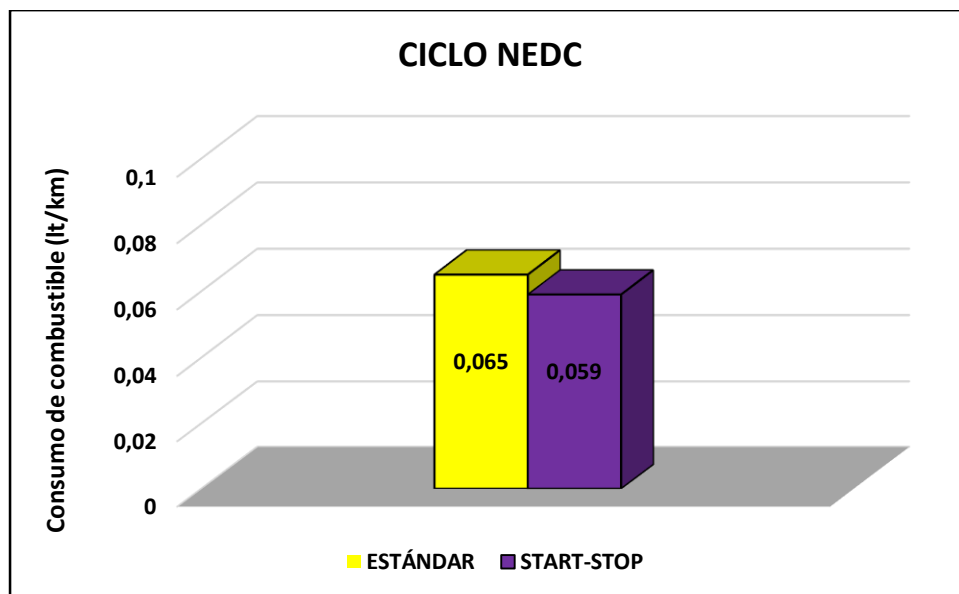


**Figura 75. Resultado de la prueba de consumo de corriente**

## 4.7 Análisis de resultados

### 4.7.1 Análisis comparativo de consumo de combustible utilizando el ciclo NEDC en modo estándar y con la implementación del sistema start-stop

De la tabla 27 se obtuvo los valores promedios de consumo de combustible utilizando el ciclo NEDC con el vehículo estándar y con el sistema implementado, en el primer caso se tiene 0,065 l/km y para el start-stop 0,059 l/km. En la figura 76 se observa la representación gráfica de este análisis comparativo.



**Figura 76. Comparación entre resultados de consumo de combustible, ciclo NEDC**

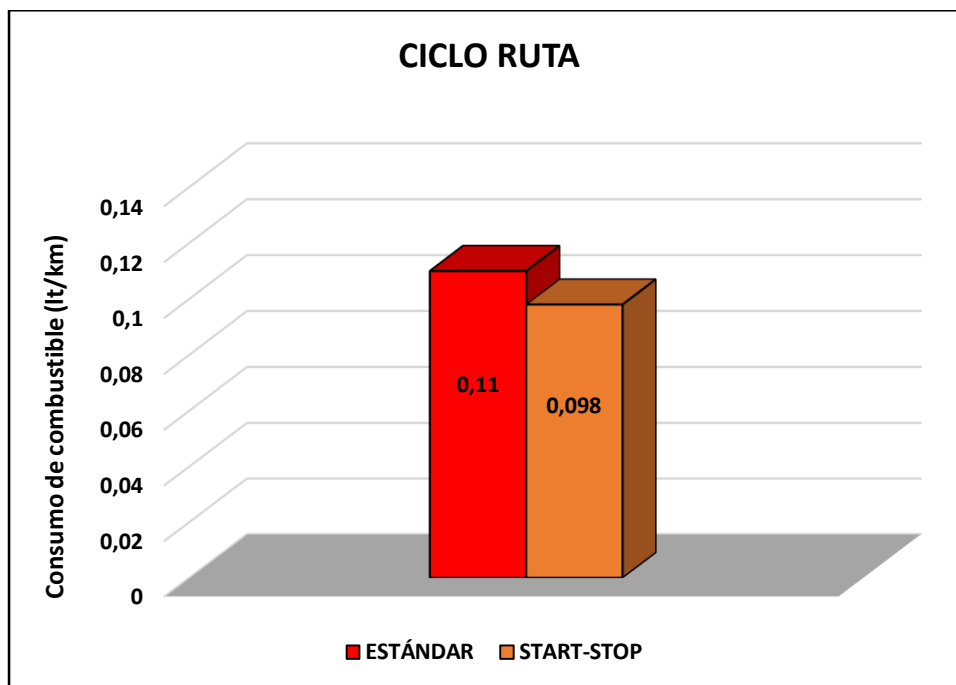
El consumo de combustible sin el sistema es de 0,065 l/km, con el sistema start-stop redujo este factor a 0,059 l/km, lo que representa un ahorro de 9,23% del combustible.

El volumen promedio consumido durante la prueba en modo estándar es de 0,064 l más elevado que el start-stop.



#### 4.7.2 Análisis comparativo de consumo de combustible utilizando el ciclo ruta en modo estándar y con la implementación del sistema start-stop

Los valores promedios de las pruebas de consumo de combustible en ruta se tomó de la tabla 28, en modo estándar el valor es de 0,11 l/km y 0,098 l/km para el start-stop. La representación de estos datos se muestra en la figura 77.



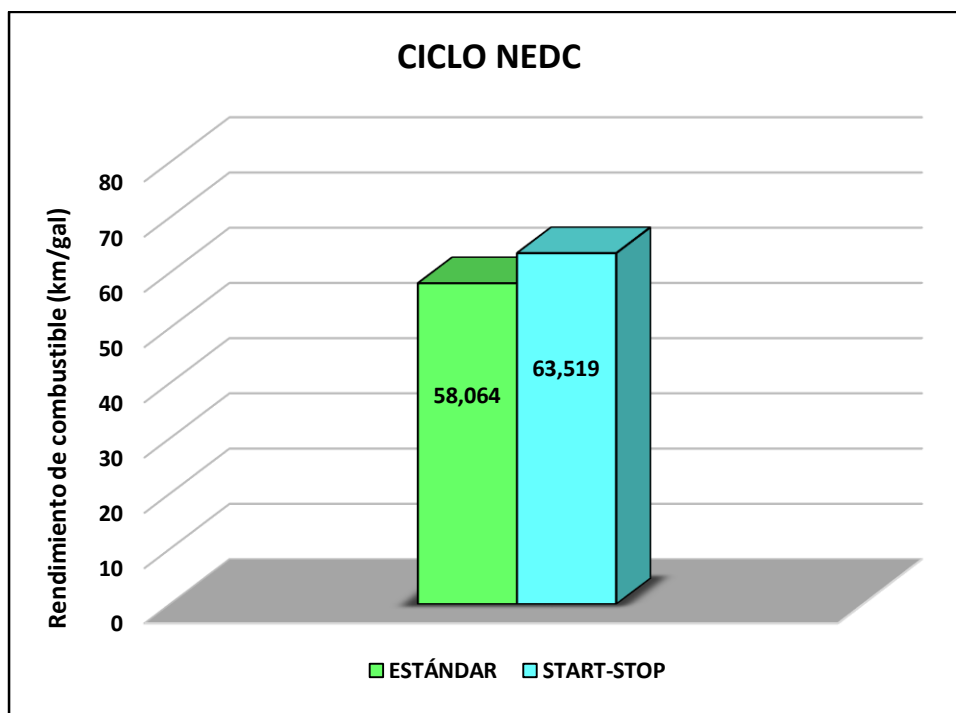
**Figura 77. Comparación entre resultados de consumo de combustible, ciclo ruta**

El sistema start-stop presentó una disminución de 0,012 l/km en cuanto a consumo de combustible, lo que representa un ahorro de 10,9%. El sistema start-stop logró mejores resultados en ruta que en el banco dinamométrico.

Al momento de medir el volumen de combustible en la probeta se observó que el start-stop consumió 0,107 l menos que el modo estándar.

### 4.7.3 Análisis comparativo de rendimiento de combustible utilizando el ciclo NEDC en modo estándar y con la implementación del sistema start-stop

Los valores promedios de las pruebas de rendimiento de combustible utilizando el ciclo NEDC se extrajeron de la tabla 27, en modo estándar el valor es de 58,064 km/gal y 63,519 km/gal para el start-stop.



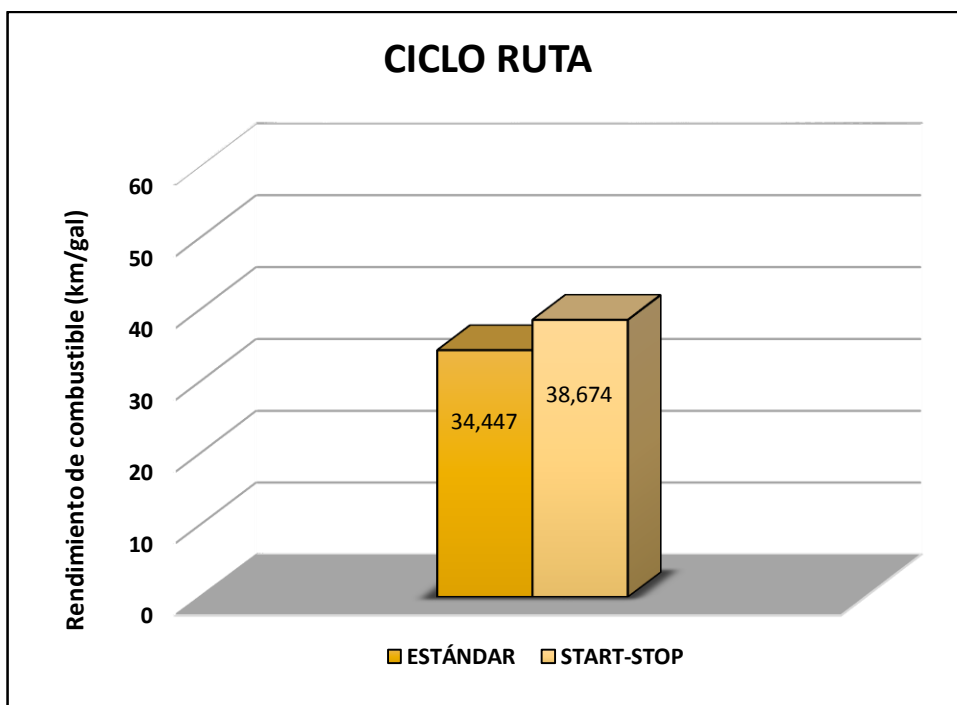
**Figura 78. Comparación entre resultados de rendimiento de combustible, ciclo NEDC**

El rendimiento de combustible utilizando el start-stop es de 63,519 km/gal, superando al modo estándar por 5,455 km/gal. El sistema necesita de menos combustible para recorrer la misma distancia.

El rendimiento de combustible aumentó en 9,39% aproximadamente con la implementación del sistema start-stop.

#### 4.7.4 Análisis comparativo de rendimiento de combustible utilizando el ciclo ruta en modo estándar y con la implementación del sistema start-stop

De la tabla 28 se obtuvo los valores promedios de rendimiento de combustible utilizando el ciclo ruta con el vehículo estándar y con el sistema instalado, en el primer caso se tiene 34,447 km/gal y para el start-stop 38,674 km/gal.



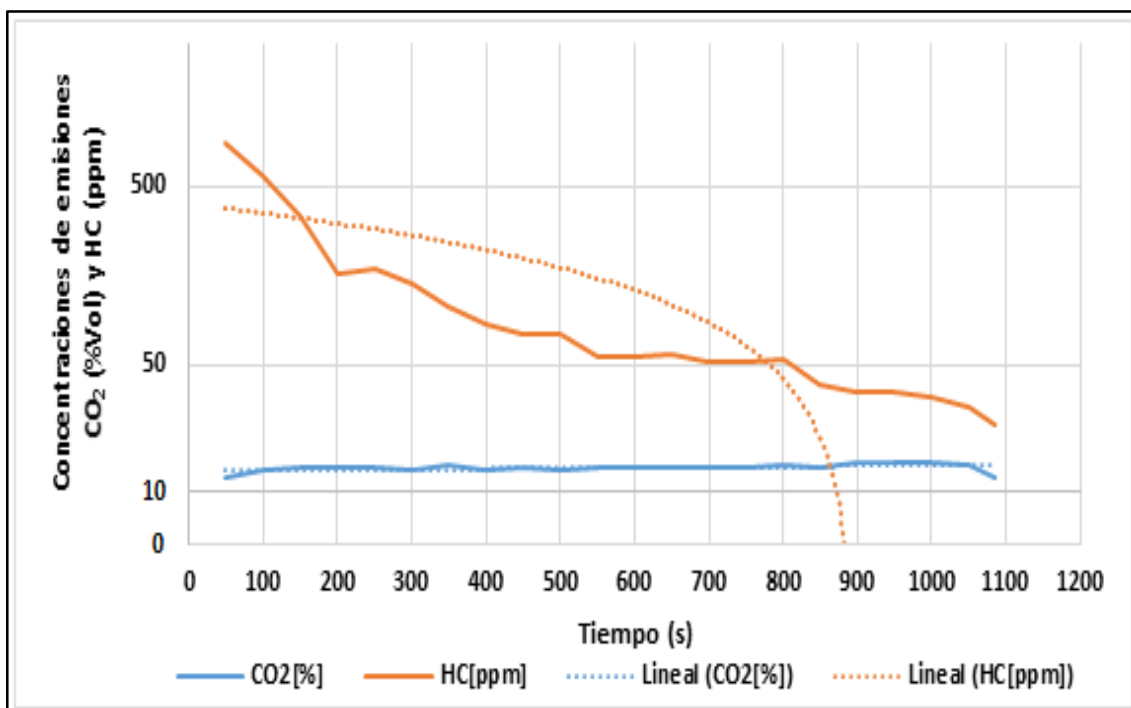
**Figura 79. Comparación entre resultados de rendimiento de combustible, ciclo ruta**

El rendimiento de combustible con el start-stop en marcha es de 38,674 km/gal, superando por 4,227 km/gal al modo convencional. Con el sistema start-stop se recorrió la misma distancia utilizando menor cantidad de combustible.

El rendimiento de combustible aumentó en 12,27% aproximadamente con la implementación del sistema start-stop. El protocolo de conducción en ruta ahorra mayor cantidad de carburante.

#### 4.7.5 Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo NEDC en modo estándar

La grafica de la figura 80 muestra que a medida que transcurre el tiempo de la prueba los hidrocarburos disminuyen, mientras que el porcentaje volumétrico de CO<sub>2</sub> se mantiene casi constante. La línea de tendencia de los HC indica que estos disminuyen hasta casi cero y la del CO<sub>2</sub> indica que tendrá un ligero aumento.



**Figura 80. Relación entre el CO<sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo NEDC en modo estándar**

En la tabla 30 se puede ver que la mayor disminución de hidrocarburos ocurre en el primer tramo de tiempo, después este valor se mantiene por debajo del límite establecido por la norma, con variaciones que no son significativas en comparación a la primera. El porcentaje de CO<sub>2</sub> se mantiene en valores cercanos a la tolerancia establecida a lo largo de toda la prueba.

Tabla 30.

Comparación del porcentaje de CO<sub>2</sub>, ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo NEDC en modo estándar

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	500	550	800	850	1086
<b>Gases</b>						
<b>CO<sub>2</sub> (%)</b>	11,59	13,17	13,21	14,04	13,49	11,74
<b>Diferencia</b>	1,58		0,83		-1,75	
<b>HC (ppm)</b>	884,38	74,59	55,93	53,03	38,54	23,49
<b>Diferencia</b>	-809,79		-2,9		-15,05	

En la figura 81 se observa que las líneas de tendencia de ambos gases tienden a disminuir a medida que transcurre el tiempo, esto debido a que el último dato crea un pico que cambia la tendencia del O<sub>2</sub>, este pico de oxígeno se produce debido al ralentí en que se encontraba el vehículo al final de la prueba.

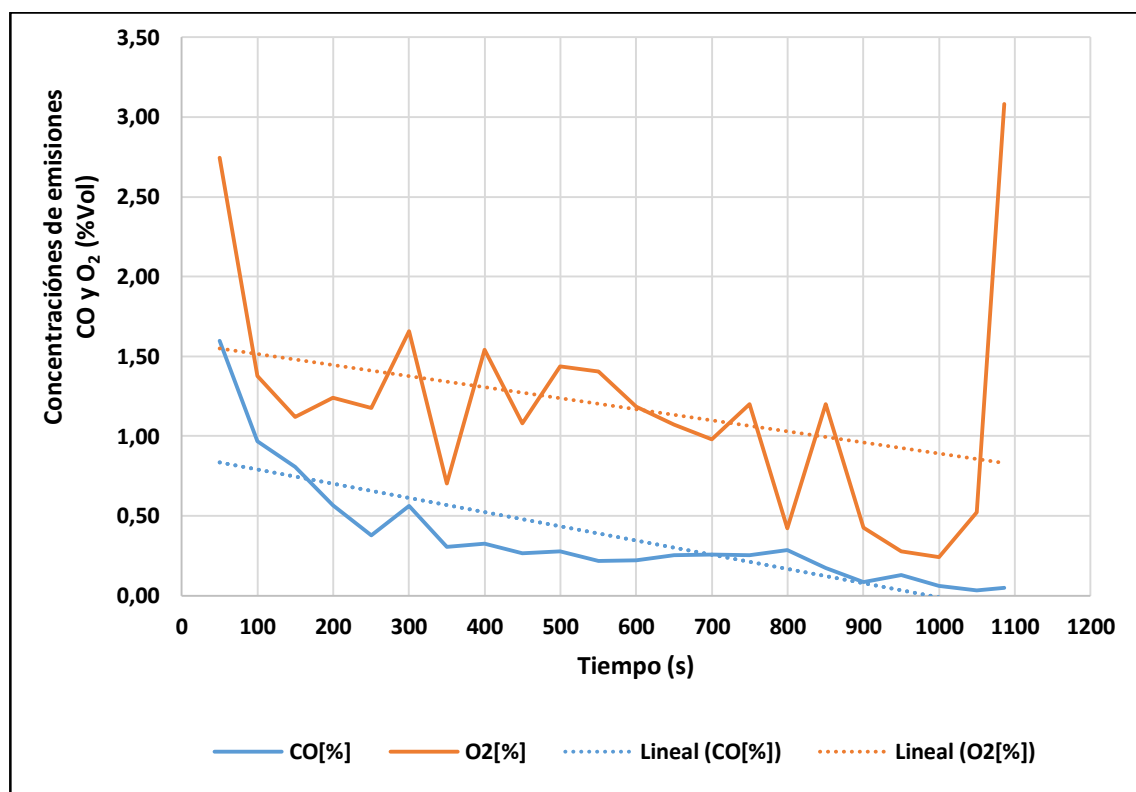


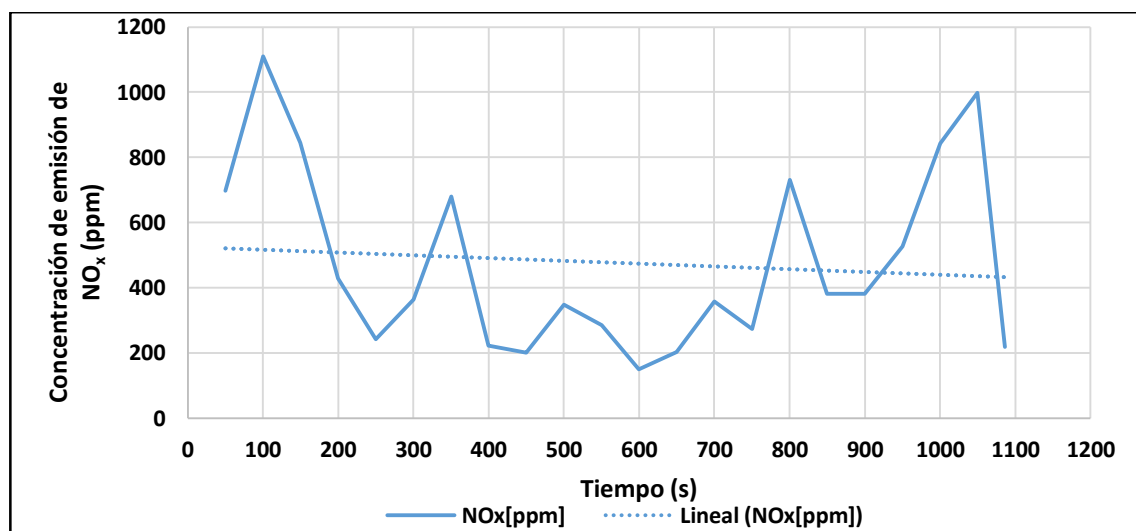
Figura 81. Relación entre el CO y O<sub>2</sub> utilizando el ciclo NEDC en modo estándar

El porcentaje de CO más alto existe cuando el motor ha empezado su funcionamiento y disminuye rápidamente a medida que transcurre la prueba, para luego estabilizarse y reducirse en menor medida. En el caso del O<sub>2</sub>, durante el inicio y la mitad de la prueba este porcentaje disminuye, pero aumenta cerca del final, lo que está evidenciado en la tabla 31.

**Tabla 31.**  
**Comparación del porcentaje de CO, O<sub>2</sub> en función del tiempo utilizando el ciclo NEDC en modo estándar**

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	250	300	950	1000	1086
<b>Gases</b>						
<b>CO (%)</b>	1,6	0,38	0,56	0,09	0,06	0,05
<b>Diferencia</b>	-1,22		-0,47		-0,01	
<b>O<sub>2</sub> (%)</b>	2,74	1,18	1,66	0,43	0,24	3,08
<b>Diferencia</b>	-1,56		-1,23		2,84	

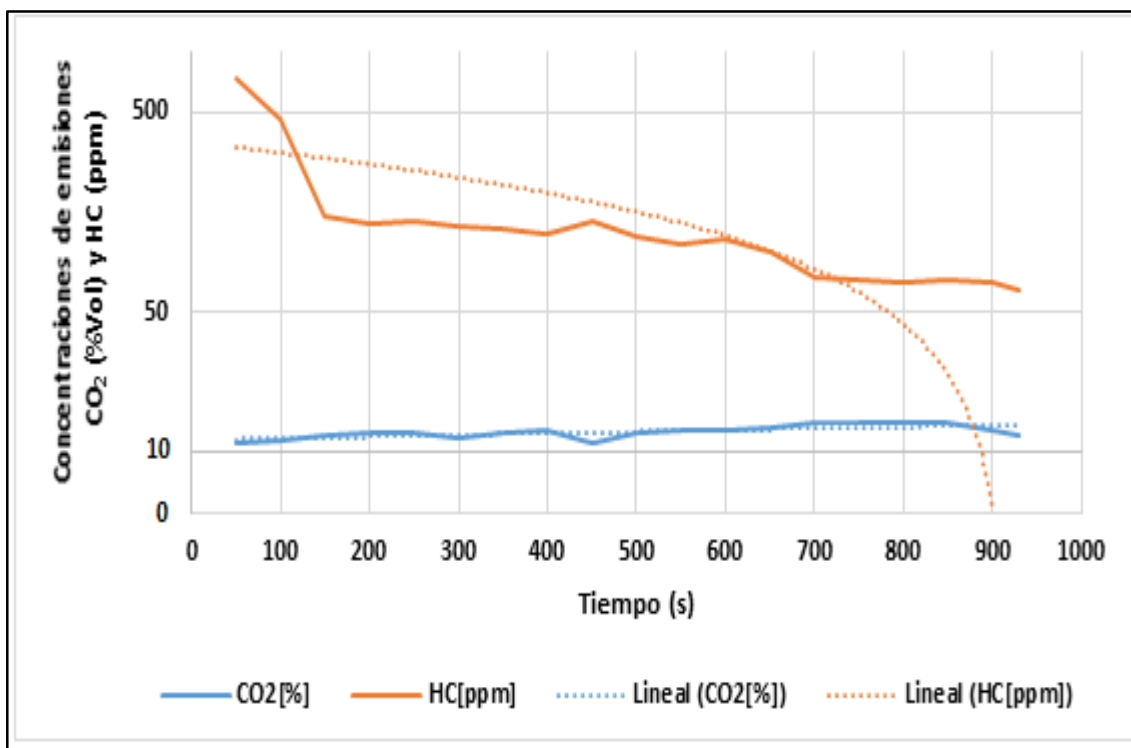
Según Honghe, en su estudio del diseño de una pared porosa para prevenir la corrosión por aumento de temperatura y reducir los niveles de NO<sub>x</sub>, la concentración de emisión de los NO<sub>x</sub> se forma debido a las elevadas temperaturas presentes en la combustión y a la falta de estequiometría en la mezcla aire-combustible.



**Figura 82. Relación del NO<sub>x</sub> utilizando el ciclo NEDC en modo estándar**

#### 4.7.6 Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo NEDC con la implementación del sistema start-stop

En la figura 83 se puede apreciar que la línea de tendencia de los hidrocarburos desciende, pero no en la misma medida que ocurre sin el sistema; el valor de CO<sub>2</sub>, pese a no tener variaciones significativas, deja de variar de forma regular y empieza a mostrar pequeños valles que alcanzan valores que están por debajo del inicial.



**Figura 83. Relación entre el CO<sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo NEDC con el sistema start-stop**

En este caso se observa que los HC no combustionados disminuyen al pasar el tiempo, pero no en la misma medida que en el sistema estándar, llegando a ser hasta el doble del valor sin el sistema. El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a aumentar, pero disminuye al final de la prueba, como se observa en la tabla 32.

Tabla 32.

Comparación del porcentaje de CO<sub>2</sub>, ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo NEDC en modo start-stop

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	150	200	700	750	930
<b>Gases</b>						
<b>CO<sub>2</sub> (%)</b>	11,03	12,1	12,45	13,93	14,17	12,19
<b>Diferencia</b>	1,07		1,48		-1,98	
<b>HC (ppm)</b>	746,55	150,49	140,61	75,38	71,85	64,98
<b>Diferencia</b>	-596,06		-65,23		-6,87	

El valor inicial de oxígeno es elevado en comparación al de la prueba estándar, e incluso presenta variaciones más pronunciadas en los picos. El monóxido no tiene variaciones significativas y se mantiene en un valor bastante estable. La línea de tendencia, en ambos casos, indica que el porcentaje de cada gas disminuye al transcurrir la prueba.

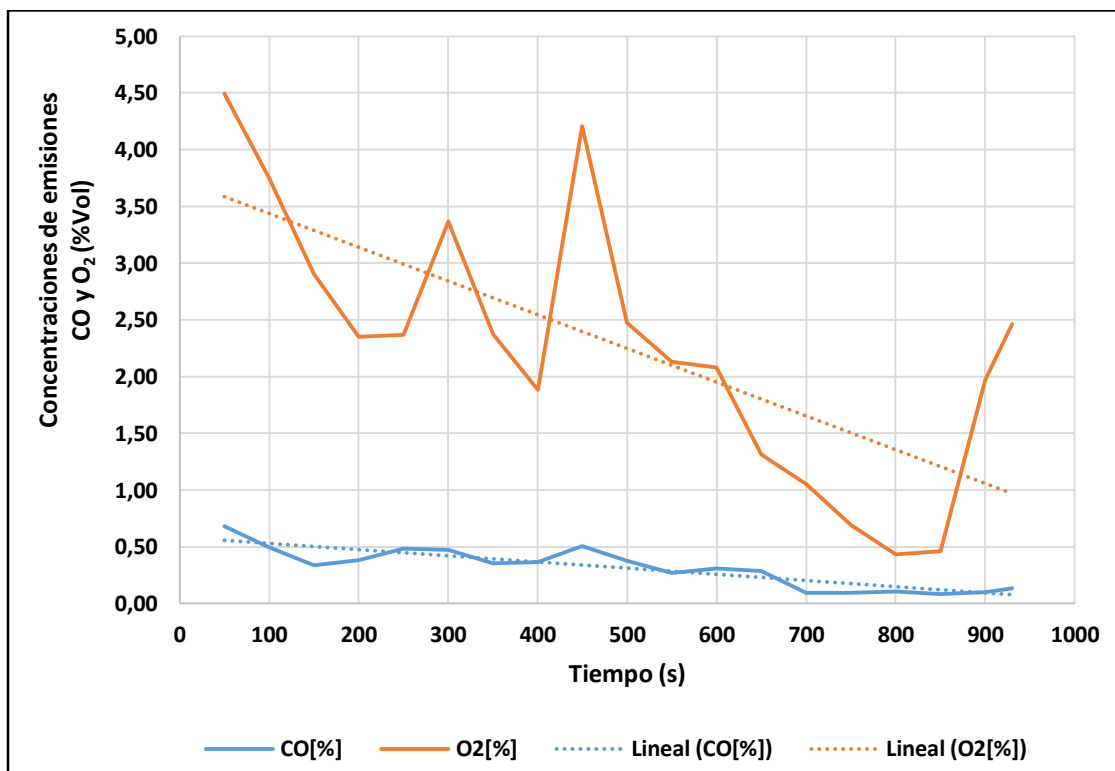


Figura 84. Relación entre el CO y O<sub>2</sub> utilizando el ciclo NEDC con el sistema start-stop



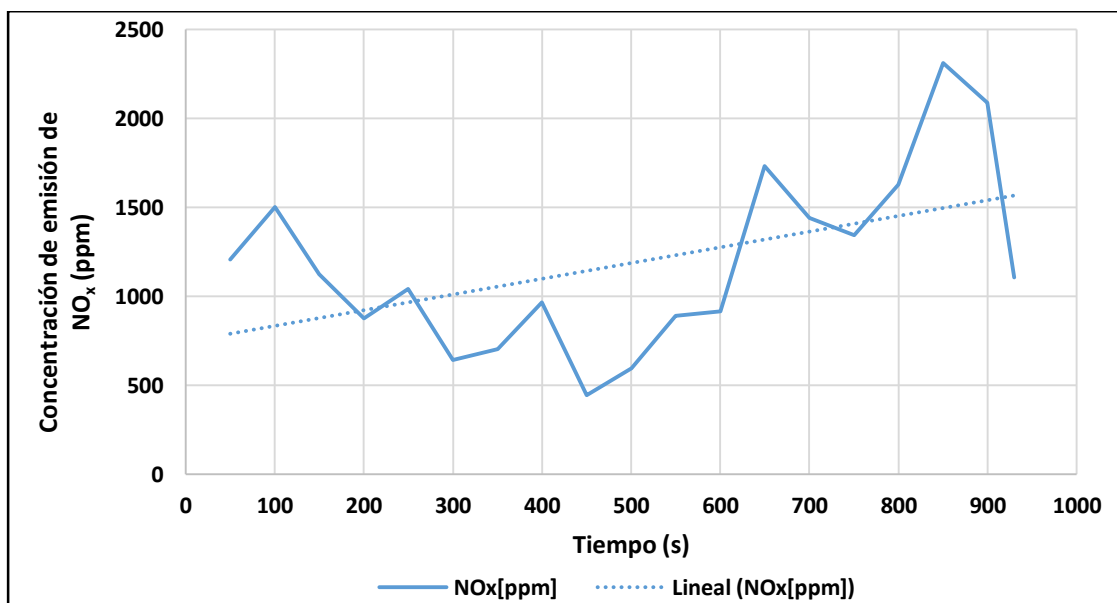
El porcentaje de CO presente en el volumen de gases de escape disminuye, pero se estabiliza cerca del final de la prueba, como se observa en la Tabla 33; además el nivel de oxígeno llega a disminuir hasta casi la décima parte del valor inicial antes de terminar la prueba, cuando empieza a subir nuevamente.

**Tabla 33.**

**Comparación del porcentaje de CO, O<sub>2</sub> en función del tiempo utilizando el ciclo NEDC en modo start-stop**

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	200	250	850	900	930
<b>Gases</b>						
<b>CO (%)</b>	0,68	0,38	0,48	0,08	0,1	0,13
<b>Diferencia</b>	-0,3		-0,4		0,03	
<b>O<sub>2</sub> (%)</b>	4,49	2,35	2,37	0,46	1,97	2,47
<b>Diferencia</b>	-2,14		-1,91		0,5	

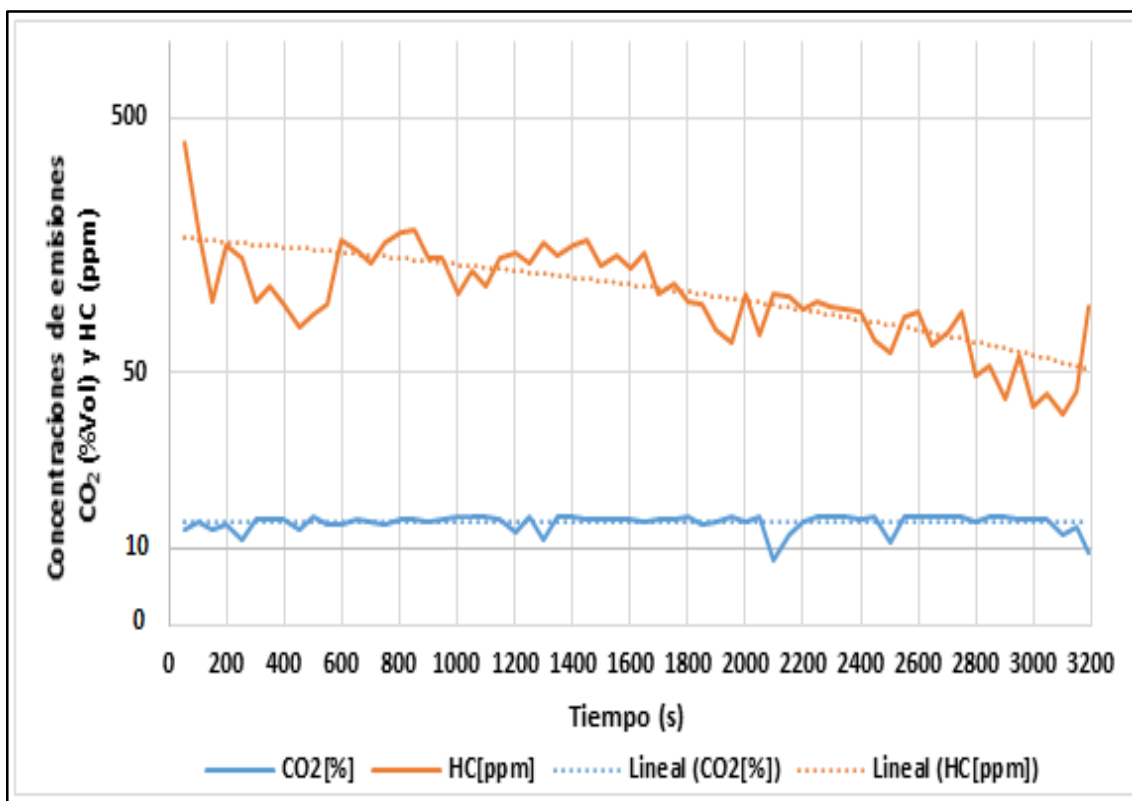
La diferencia de NO<sub>x</sub> existente con la activación del sistema es notable, la línea de tenencia ahora es ascendente lo que indica que durante la combustión la temperatura se elevó, debido a la presencia de oxígeno no combustionado.



**Figura 85. Relación del NO<sub>x</sub> utilizando el ciclo NEDC con el sistema start-stop**

#### 4.7.7 Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo ruta en modo estándar a las 09:00

A diferencia de una prueba realizada en dinamómetro la prueba en ruta presenta más variaciones y es poco estable, sin embargo mantiene la misma tendencia de disminuir la cantidad de HC a medida que pasa el tiempo y aumenta el CO<sub>2</sub> ligeramente, presentando unos valles que están por debajo del valor inicial.



**Figura 86. Relación entre el CO<sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo ruta a las 09:00 en modo estándar**

En la tabla 34 se observa que a medida que pasa el tiempo el nivel de CO<sub>2</sub> tiene un ligero aumento, excepto al final de la prueba donde disminuye en mayor medida que los valores aumentados. Se observa que los niveles de HC disminuyen durante toda la prueba, pero lo hace en mayor medida al inicio.

Tabla 34.

Comparación del porcentaje de CO<sub>2</sub>, ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 09:00 en modo estándar

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	800	850	2400	2450	3194
<b>Gases</b>						
<b>CO<sub>2</sub> (%)</b>	11,99	13,15	13,15	13,24	13,61	9,85
<b>Diferencia</b>	1,16		0,09		-3,76	
<b>HC (ppm)</b>	397,76	176,74	180,92	87,18	66,4	89,7
<b>Diferencia</b>	-221,02		-93,74		23,3	

La línea de tendencia del oxígeno indica que este gas aumenta ligeramente a medida que transcurre la prueba, mientras que el monóxido realiza lo contrario, lo que queda evidenciado en la figura 87. Para ambos casos existen picos muy pronunciados que son causados por las paradas del vehículo.

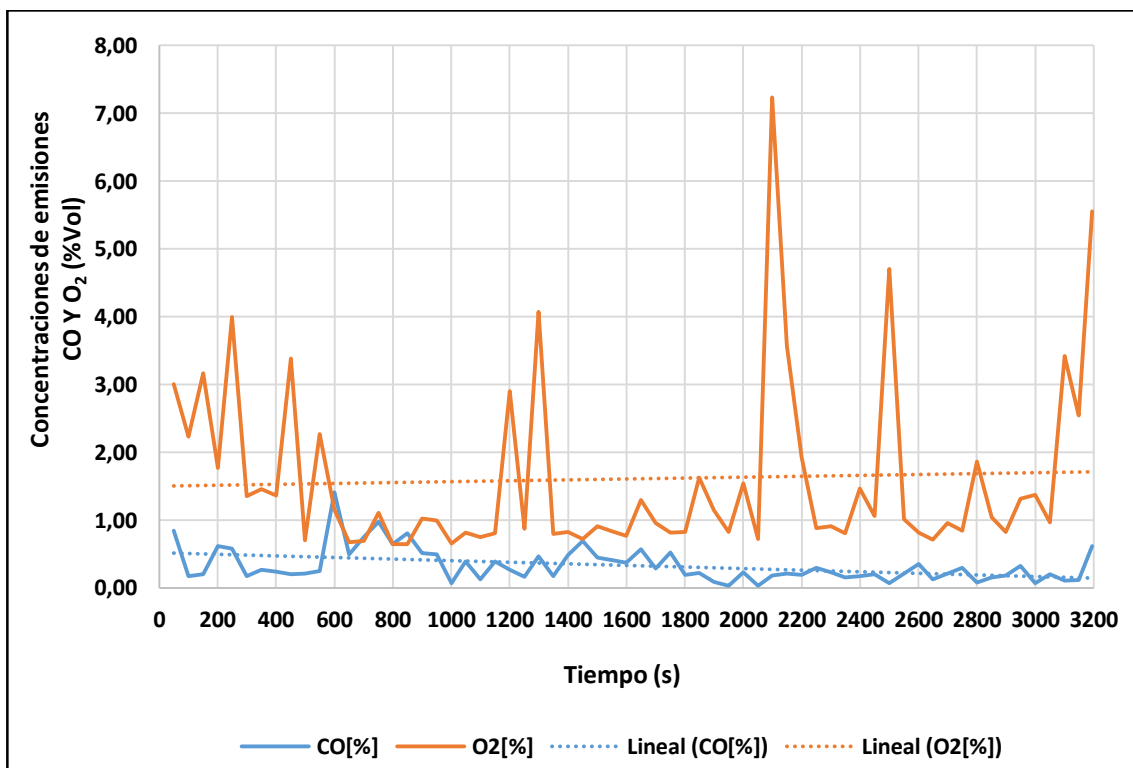


Figura 87. Relación entre el CO y O<sub>2</sub> utilizando el ciclo ruta a las 09:00 en modo estándar

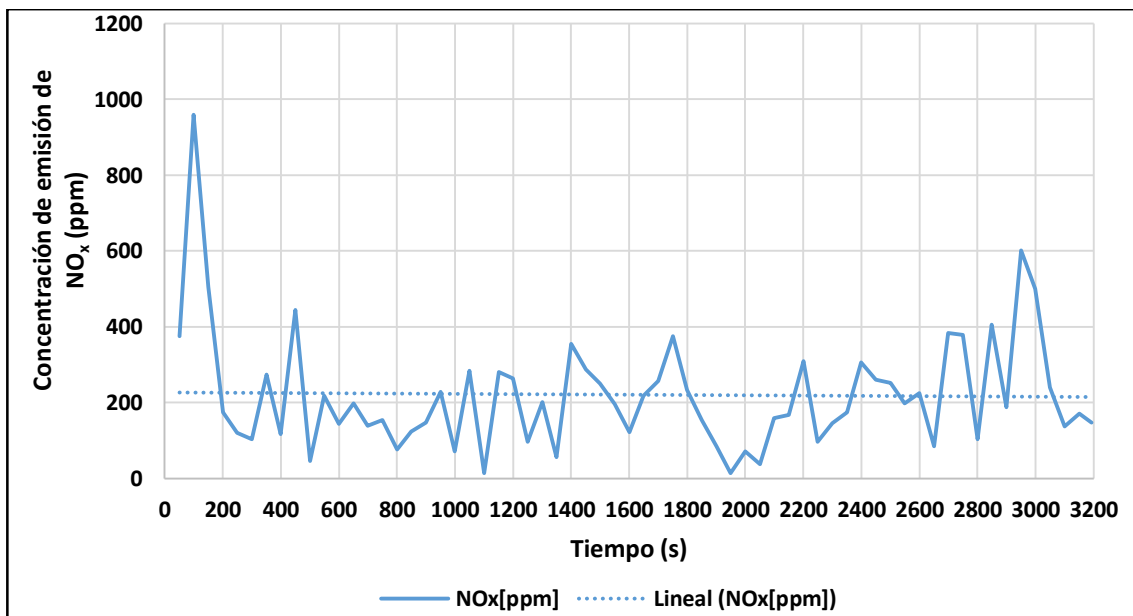
En la tabla 35 se puede apreciar que el porcentaje de CO disminuye hasta antes del final de la prueba cuando tiene un ligero aumento; por el contrario el valor del oxígeno solo disminuye al inicio de la prueba, luego de lo cual empieza a aumentar gradualmente.

**Tabla 35.**

**Comparación del porcentaje de CO, O<sub>2</sub> en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 09:00 en modo estándar**

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	650	700	2000	2050	3194
<b>Gases</b>						
<b>CO (%)</b>	0,84	0,49	0,75	0,23	0,03	0,61
<b>Diferencia</b>	-0,35		-0,52		0,58	
<b>O<sub>2</sub> (%)</b>	3,01	0,67	0,69	1,54	0,72	5,55
<b>Diferencia</b>	-2,34		0,85		4,83	

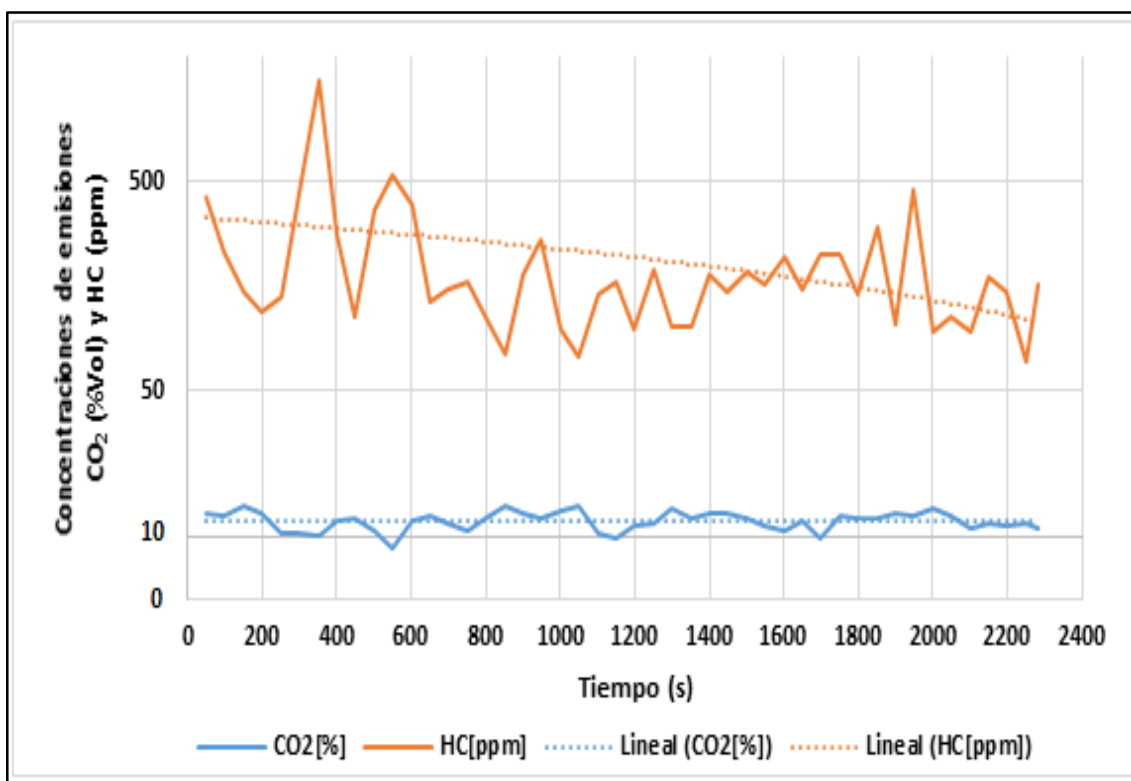
La temperatura presente en la combustión resultó ser uniforme durante la prueba, por lo que este gas obtuvo un valor entre 200 – 300 ppm, por debajo del establecido.



**Figura 88. Relación del NO<sub>x</sub> utilizando el ciclo ruta a las 09:00 en modo estándar**

#### 4.7.8 Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo ruta con la implementación del sistema start-stop a las 09:00

A diferencia de la prueba sin el sistema, en la que los hidrocarburos siempre se mantenían descendiendo, en este caso tienen una ligera tendencia a aumentar cuando la prueba está cerca de terminar. Para el caso del CO<sub>2</sub> el valor no se llega a estabilizar en ningún caso y muestra valles que se encuentran por debajo del 10% en reiteradas ocasiones debido a la desactivación del motor por parte del sistema.



**Figura 89. Relación entre el CO<sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo ruta a las 09:00 con el sistema start-stop**

El porcentaje de dióxido disminuye durante toda la prueba, mientras que la cantidad de hidrocarburos disminuye al principio y al final de la prueba, pero tiene un aumento a la mitad del tiempo.

Tabla 36.

Comparación del porcentaje de CO<sub>2</sub>, ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 09:00 con el sistema start-stop

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	800	850	1800	1850	2285
<b>Gases</b>						
<b>CO<sub>2</sub> (%)</b>	12,71	12,25	14,04	12,32	12,18	10,8
<b>Diferencia</b>	-0,46		-1,72		-1,38	
<b>HC (ppm)</b>	425,2	111,68	74,46	144,02	304,34	159,54
<b>Diferencia</b>	-313,52		69,56		-144,8	

El nivel de oxígeno con el sistema start-stop aumenta a casi el doble que con el sistema estándar, es menos estable, presentando más picos y valles. El monóxido se mantiene en un nivel por debajo del permitido pero en este caso no disminuye al transcurrir la prueba, se mantiene casi constante, con un aumento muy ligero.

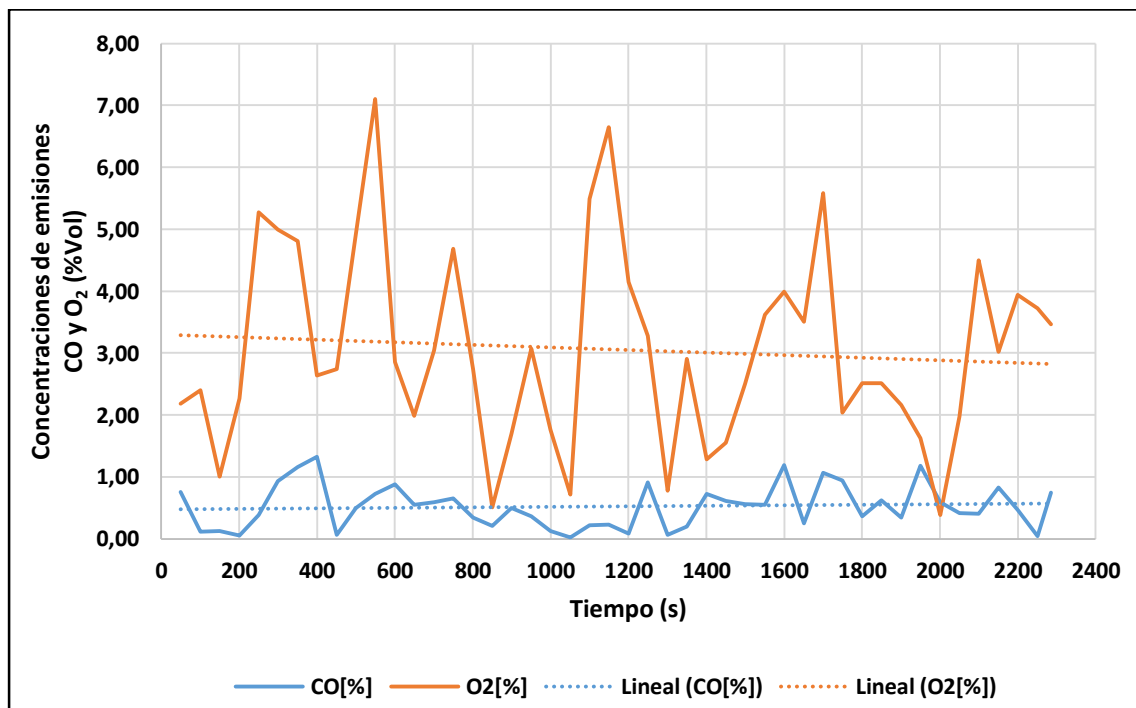


Figura 90. Relación entre el CO y O<sub>2</sub> utilizando el ciclo ruta a las 09:00 con el sistema start-stop

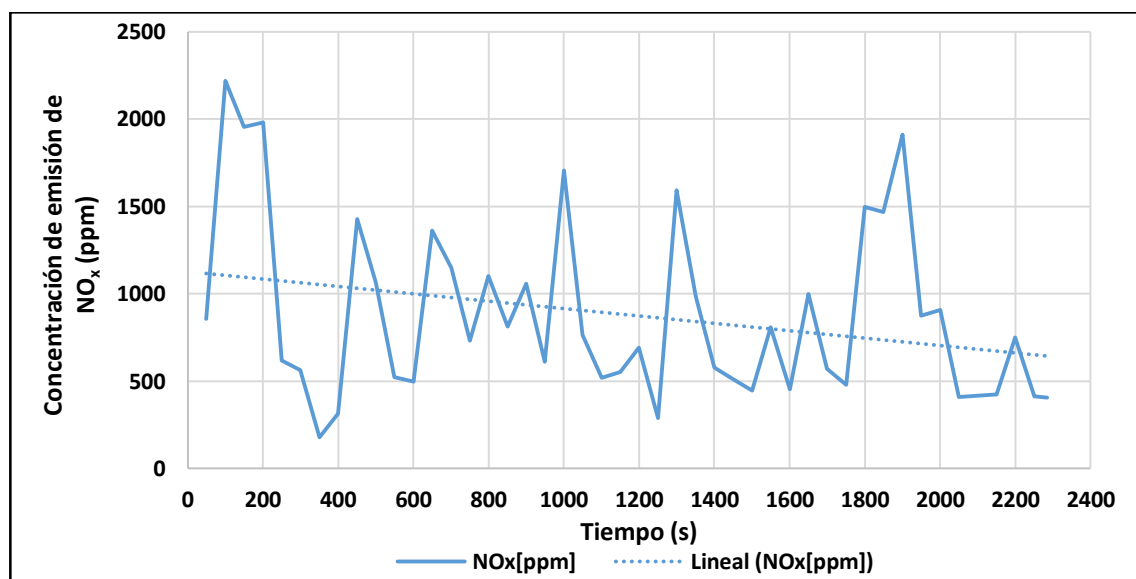
Los valores de monóxido disminuyen a lo largo de la prueba, pero existen valores esporádicos que generan un aumento durante la realización, como se puede ver en la tabla 37; en la cual se puede evidenciar que el oxígeno inicialmente aumenta su valor al inicio y a la mitad de la prueba, para luego disminuir hasta cuando termina.

**Tabla 37.**

**Comparación del porcentaje de CO, O<sub>2</sub> en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 09:00 con el sistema start-stop**

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	800	850	1600	1650	2285
<b>Gases</b>						
<b>CO (%)</b>	0,76	0,34	0,21	1,19	0,25	0,75
<b>Diferencia</b>	-0,42		0,98		0,5	
<b>O<sub>2</sub> (%)</b>	2,19	2,74	0,51	3,99	3,51	3,46
<b>Diferencia</b>	0,55		3,48		-0,05	

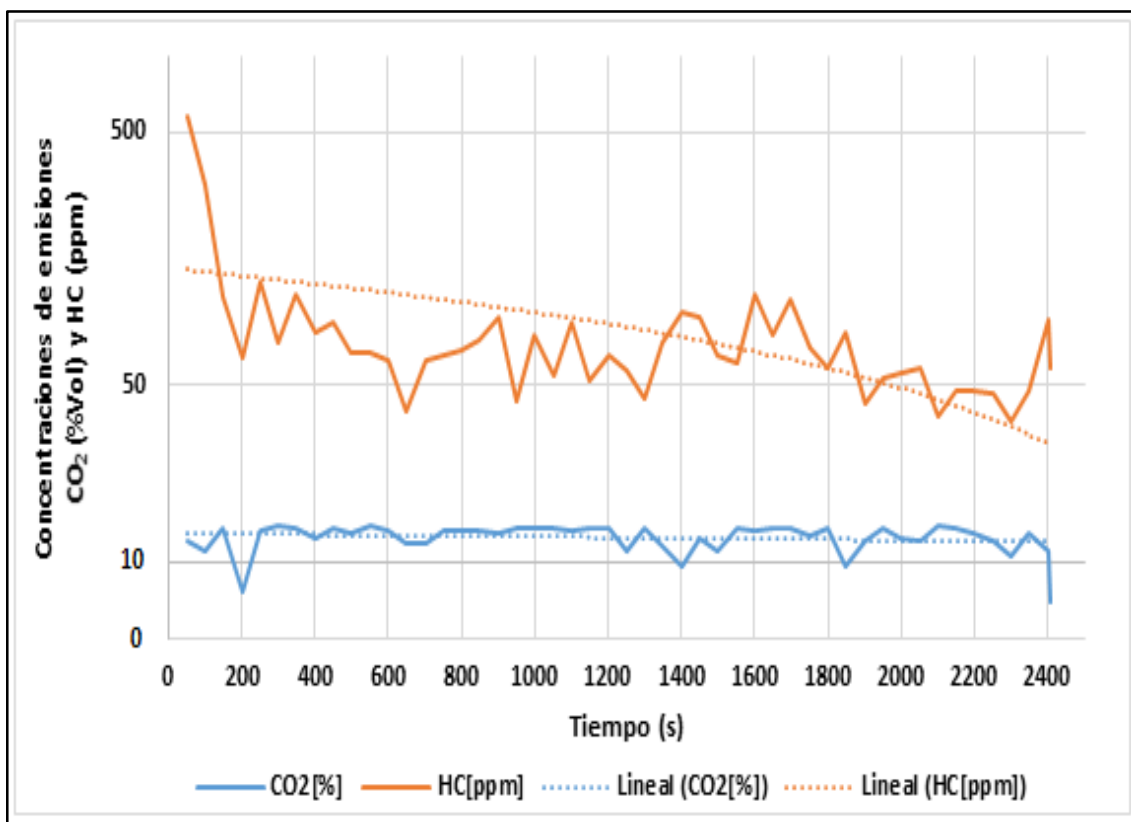
Debido al excesivo aumento de O<sub>2</sub> que sobro de la combustión, la temperatura se elevó de manera considerable por lo que la concentración de NO<sub>x</sub> también lo hizo.



**Figura 91. Relación del NO<sub>x</sub> utilizando el ciclo ruta a las 09:00 con el sistema start-stop**

#### 4.7.9 Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo ruta en modo estándar a las 11:00

El nivel de hidrocarburos disminuye abruptamente en el primer tramo de la prueba, luego de lo cual se mantuvo estable hasta casi el final de la prueba, cuando volvió a disminuir ligeramente. El nivel de CO<sub>2</sub> se mantuvo bastante estable y en un valor cercano al 12%.



**Figura 92. Relación entre el CO<sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo ruta a las 11:00 en modo estándar**

El CO<sub>2</sub> aumenta su valor hasta antes del final de la prueba, después de lo cual disminuye de manera considerable en comparación al valor que aumento. Los niveles de hidrocarburo disminuyen durante toda la prueba a pesar de que a la mitad tiene una recuperación.



Tabla 38.

Comparación del porcentaje de CO<sub>2</sub>, ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 11:00 en modo estándar

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	600	650	1600	1650	2407
<b>Gases</b>						
<b>CO<sub>2</sub> (%)</b>	12,09	13,27	11,79	13,39	13,56	6,94
<b>Diferencia</b>	1,18		1,6		-6,62	
<b>HC (ppm)</b>	580,86	61,88	39,78	112,98	78,12	58,71
<b>Diferencia</b>	-518,98		73,2		-19,41	

La tendencia del oxígeno es a aumentar, pero existen muchos picos y valles. El nivel de monóxido se mantiene bastante estable por debajo del valor de la norma presentando valles muy pequeños que no modifican la tendencia.

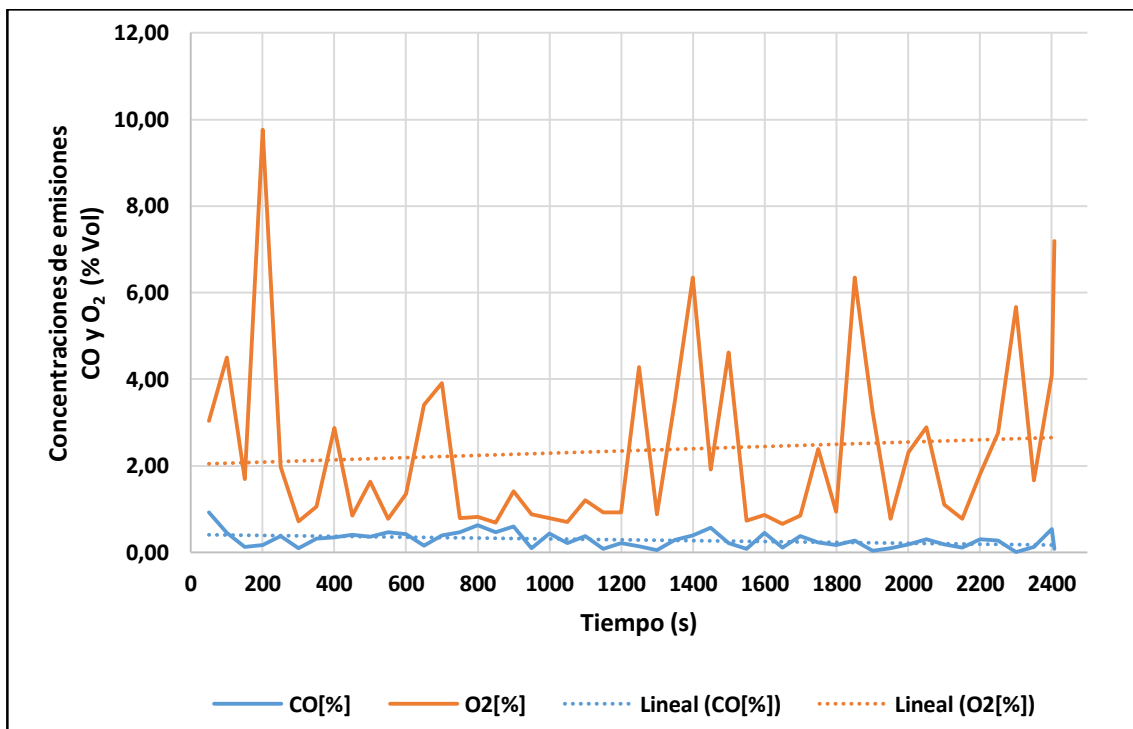


Figura 93. Relación entre el CO y O<sub>2</sub> utilizando el ciclo ruta a las 11:00 en modo estándar

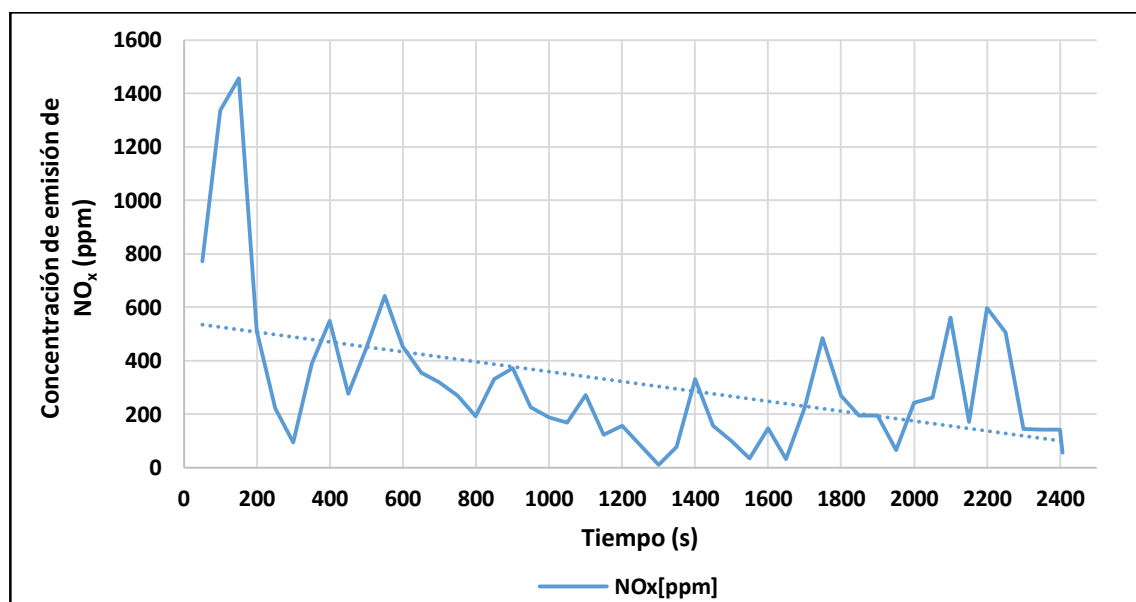
En la tabla 39 se aprecia que el  $O_2$  disminuye hasta antes del final de la prueba, cuando aumenta de nuevo en mayor proporción que el valor disminuido. Las variaciones del nivel de monóxido no son considerables, debido a que su porcentaje presente en el volumen de gases de escape es muy reducido.

**Tabla 39.**

**Comparación del porcentaje de  $CO$ ,  $O_2$  en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 11:00 en modo estándar**

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	600	650	1600	1650	2407
<b>Gases</b>						
<b>CO (%)</b>	0,92	0,41	0,16	0,44	0,11	0,07
<b>Diferencia</b>	-0,51		0,28		-0,04	
<b><math>O_2</math> (%)</b>	3,04	1,35	3,41	0,86	0,66	7,2
<b>Diferencia</b>	-1,69		-2,55		6,54	

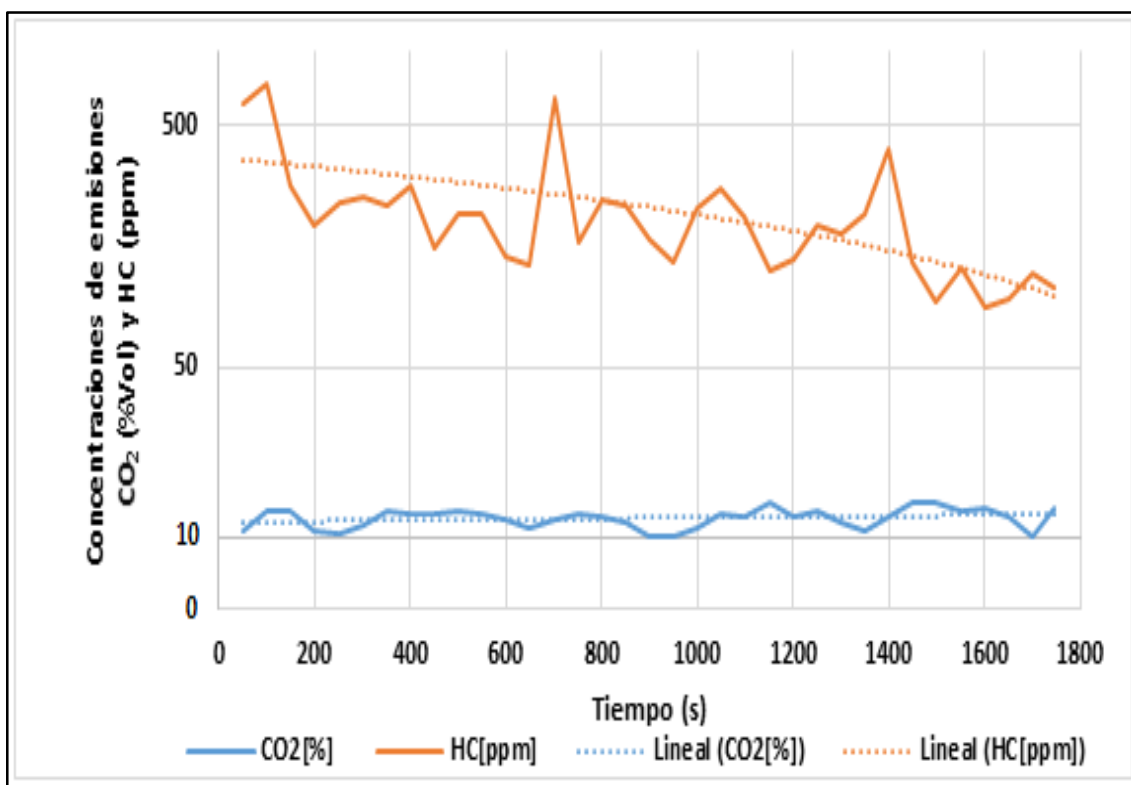
Debido al aumento de  $O_2$  en la combustión el nivel de  $NO_x$  aumento en comparación a la anterior prueba. La temperatura debió ser superior en la combustión.



**Figura 94. Relación del  $NO_x$  utilizando el ciclo ruta a las 11:00 en modo estándar**

#### 4.7.10 Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo ruta con la implementación del sistema start-stop a las 11:00

En esta prueba el nivel de hidrocarburos tiende a disminuir, pero el valor en el que se estabiliza es más elevado que aquel alcanzado en una prueba sin el sistema. En el caso del CO<sub>2</sub> su tendencia se mantiene pero presenta muchos valles los cuales son un indicativo de la desactivación del motor por parte del sistema, provocando una mala combustión.



**Figura 95. Relación entre el CO<sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo ruta a las 11:00 con el sistema start-stop**

La variación en los niveles de CO<sub>2</sub> aumenta a la mitad de la prueba y disminuye ligeramente cerca del final, como se observa en la tabla 40, además se puede apreciar una disminución considerable en los niveles de hidrocarburo que siempre están a la baja.

Tabla 40.

Comparación del porcentaje de CO<sub>2</sub>, ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 11:00 con el sistema start-stop

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	650	700	1450	1500	1746
<b>Gases</b>						
<b>CO<sub>2</sub> (%)</b>	10,57	10,95	11,8	13,84	13,69	13,05
<b>Diferencia</b>	0,38		2,04		-0,64	
<b>HC (ppm)</b>	616,96	133,74	640,48	137,66	93,32	107,17
<b>Diferencia</b>	-483,22		-502,82		13,85	

A diferencia de la prueba realizada sin el sistema, en este caso ambos gases tienden a disminuir a medida que transcurre el tiempo. En el caso del O<sub>2</sub> se cran picos más espaciados y con valores que superan el permisible, mientras que el monóxido se mantiene por debajo de su valor permitido incluso en el pico más alto.

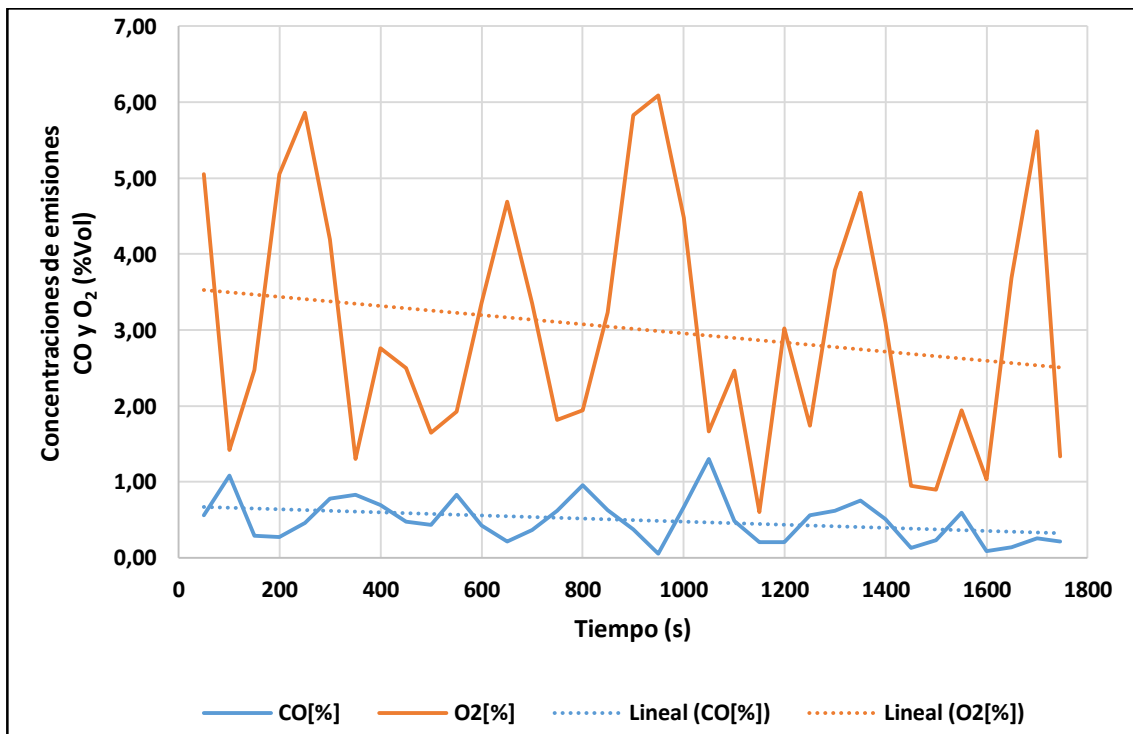


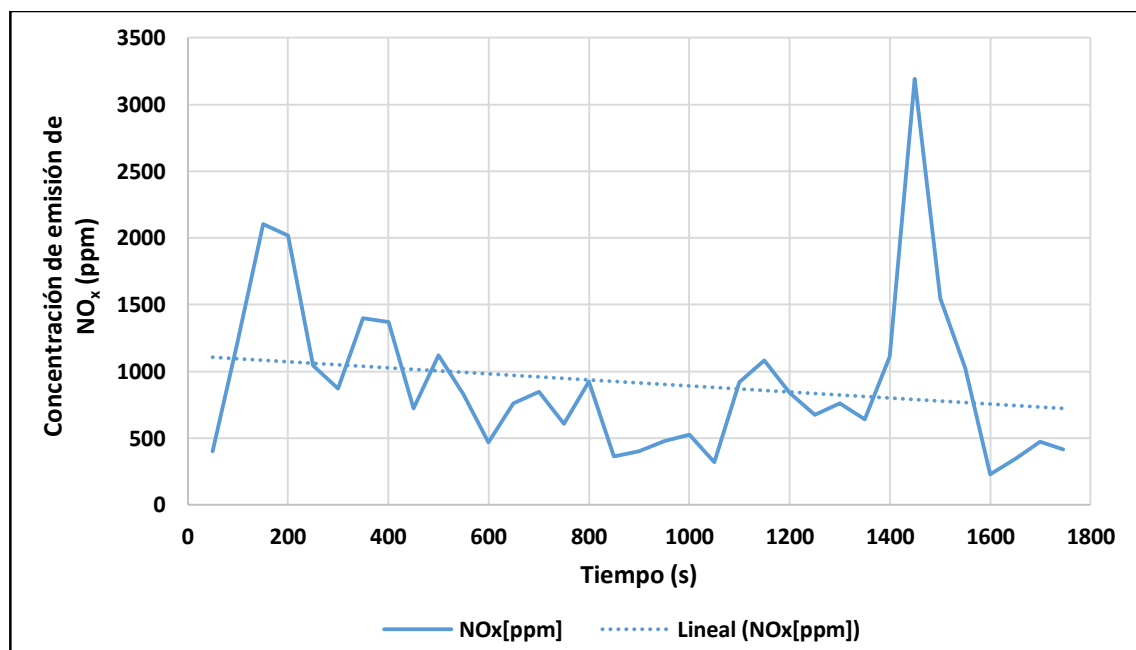
Figura 96. Relación entre el CO y O<sub>2</sub> utilizando el ciclo ruta a las 11:00 con el sistema start-stop

El monóxido se mantiene bastante estable durante toda la prueba, debido a que su porcentaje es muy reducido, por otra parte el porcentaje de O<sub>2</sub> siempre está disminuyendo, como se puede apreciar en la tabla 41.

**Tabla 41.**  
**Comparación del porcentaje de CO, O<sub>2</sub> en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 11:00 con el sistema start-stop**

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	600	650	1300	1350	1746
<b>Gases</b>						
<b>CO (%)</b>	0,56	0,43	0,21	0,62	0,75	0,22
<b>Diferencia</b>	-0,13		0,41		-0,53	
<b>O2 (%)</b>	5,05	3,36	4,69	3,79	4,81	1,34
<b>Diferencia</b>	-1,69		-0,9		-3,47	

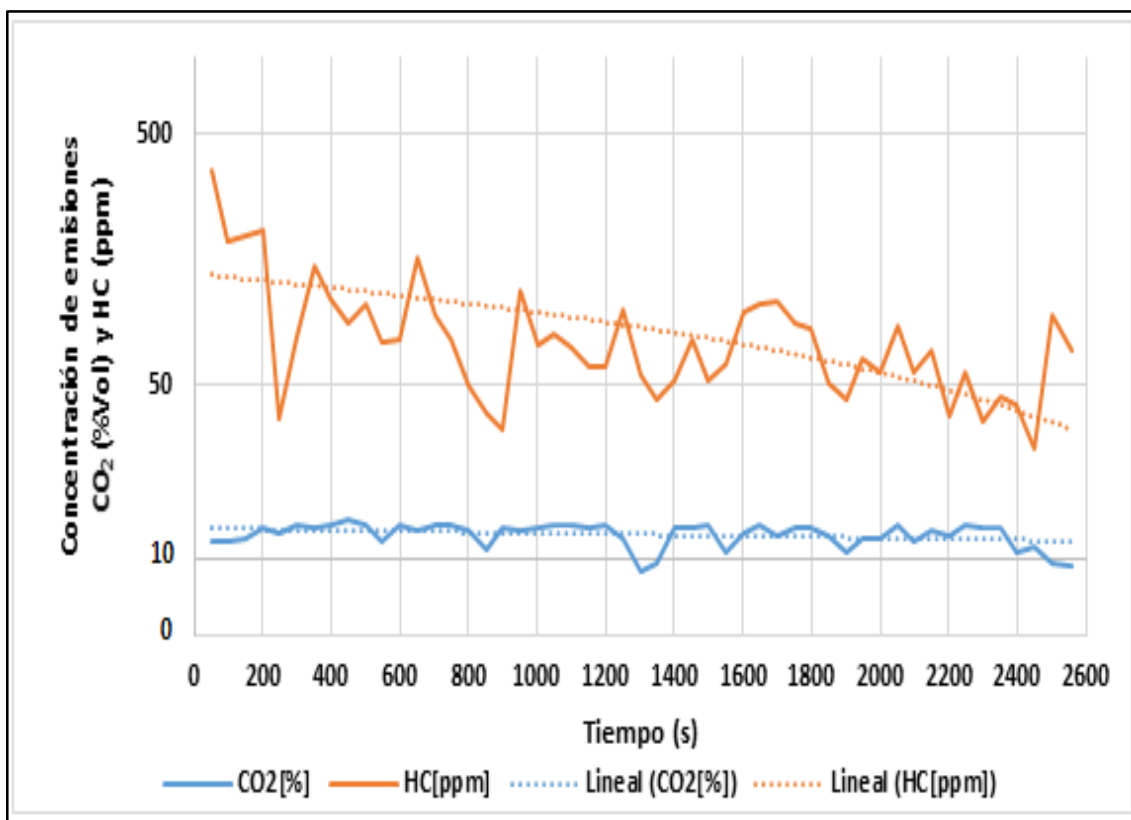
Las concentraciones de NO<sub>x</sub> aumentaron debido a la elevada temperatura y las bajas presiones producidas en la cámara de combustión. Este valor supera por dos veces el permitido por la norma.



**Figura 97. Relación del NO<sub>x</sub> utilizando el ciclo ruta a las 11:00 con el sistema start-stop**

#### 4.7.11 Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo ruta en modo estándar a las 15:00

El valor del dióxido se mantiene bastante parejo, presentando algunos valles que están muy por debajo del valor estándar, mientras que los HC siempre se mantienen disminuyendo a lo largo de la prueba, como se observa en la figura 98.



**Figura 98. Relación entre el CO<sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo ruta a las 15:00 en modo estándar**

En el primer tramo del tiempo el nivel de hidrocarburos disminuye considerablemente hasta cuando se estabiliza, luego de esto disminuye en menor medida. El nivel de CO<sub>2</sub> tiene variaciones que no se alejan mucho del valor nominal, ocurriendo la más significativa al final de la prueba. Esto se aprecia en la tabla 42.

Tabla 42.

Comparación del porcentaje de CO<sub>2</sub>, ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 15:00 en modo estándar

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	600	650	1800	1850	2561
<b>Gases</b>						
<b>CO<sub>2</sub> (%)</b>	11,82	13,72	12,97	13,59	12,54	9,49
<b>Diferencia</b>	1,9		0,62		-3,05	
<b>HC (ppm)</b>	358,42	74,85	160,22	84,1	50,08	68
<b>Diferencia</b>	-283,57		-76,12		17,92	

El porcentaje del volumen de oxígeno tiende a aumentar hasta el final de la prueba, teniendo picos que superan por mucho el valor máximo de este parámetro. El valor del monóxido por otra parte, tiende a disminuir presentando algunos picos que no sobrepasan el valor nominal de esta prueba.

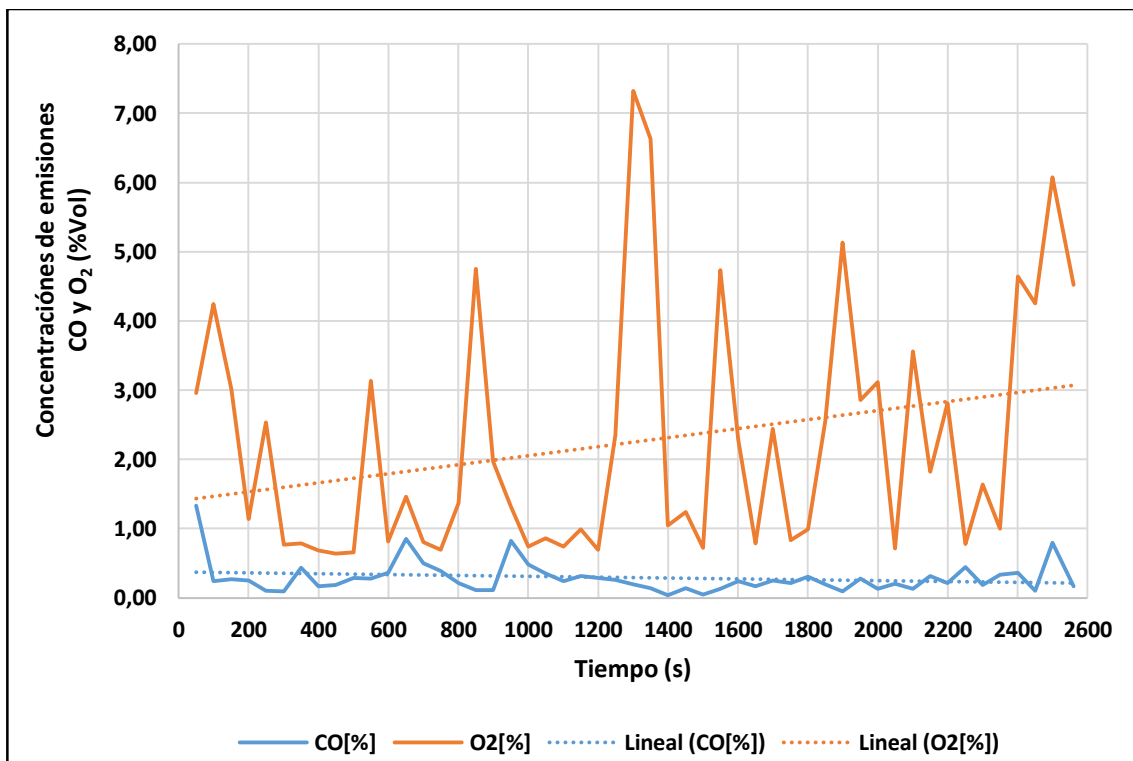


Figura 99. Relación entre el CO y O<sub>2</sub> utilizando el ciclo ruta a las 15:00 en modo estándar

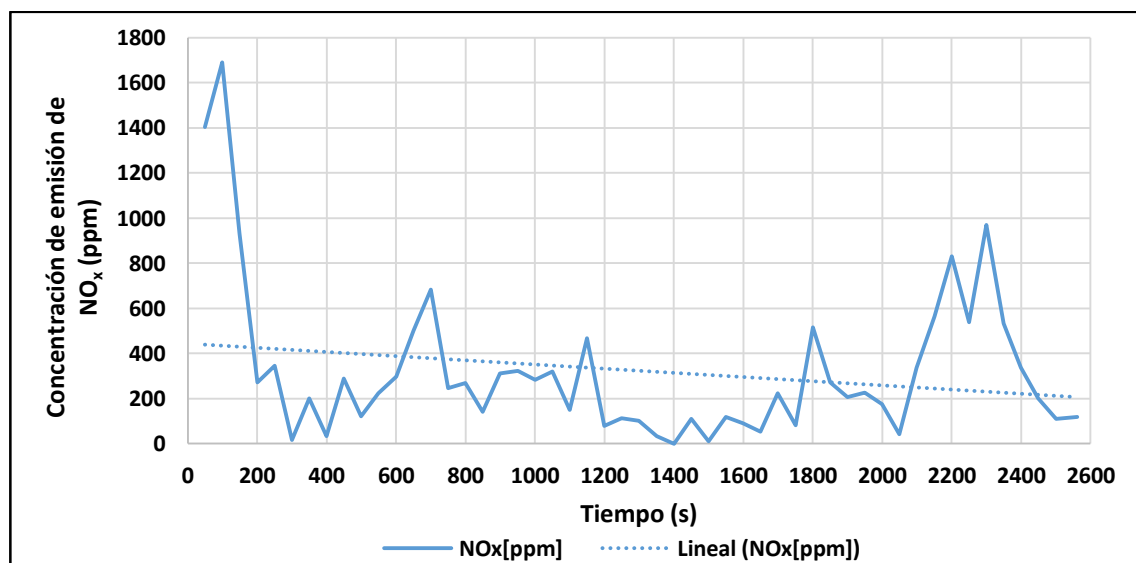
El porcentaje de CO presente en el volumen de gases de escape disminuye después de haber empezado la prueba, posteriormente vuelve a aumentar y finalmente no tiene variaciones, como se observa en la tabla 43. Se observa que a pesar de que el nivel de oxígeno disminuye en los dos primeros tramos de la prueba, tiene un aumento significativo al final.

**Tabla 43.**

**Comparación del porcentaje de CO, O<sub>2</sub> en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 15:00 en modo estándar**

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	800	850	1600	1650	2561
<b>Gases</b>						
<b>CO (%)</b>	1,33	0,21	0,11	0,24	0,17	0,17
<b>Diferencia</b>	-1,12		0,13		0	
<b>O2 (%)</b>	2,96	1,37	4,75	2,28	0,79	4,55
<b>Diferencia</b>	-1,59		-2,47		3,76	

La temperatura en el proceso de combustión se encontró estable es por eso que los NO<sub>x</sub> se encuentran entre 200 – 400 ppm, lo cual no supera la normativa.

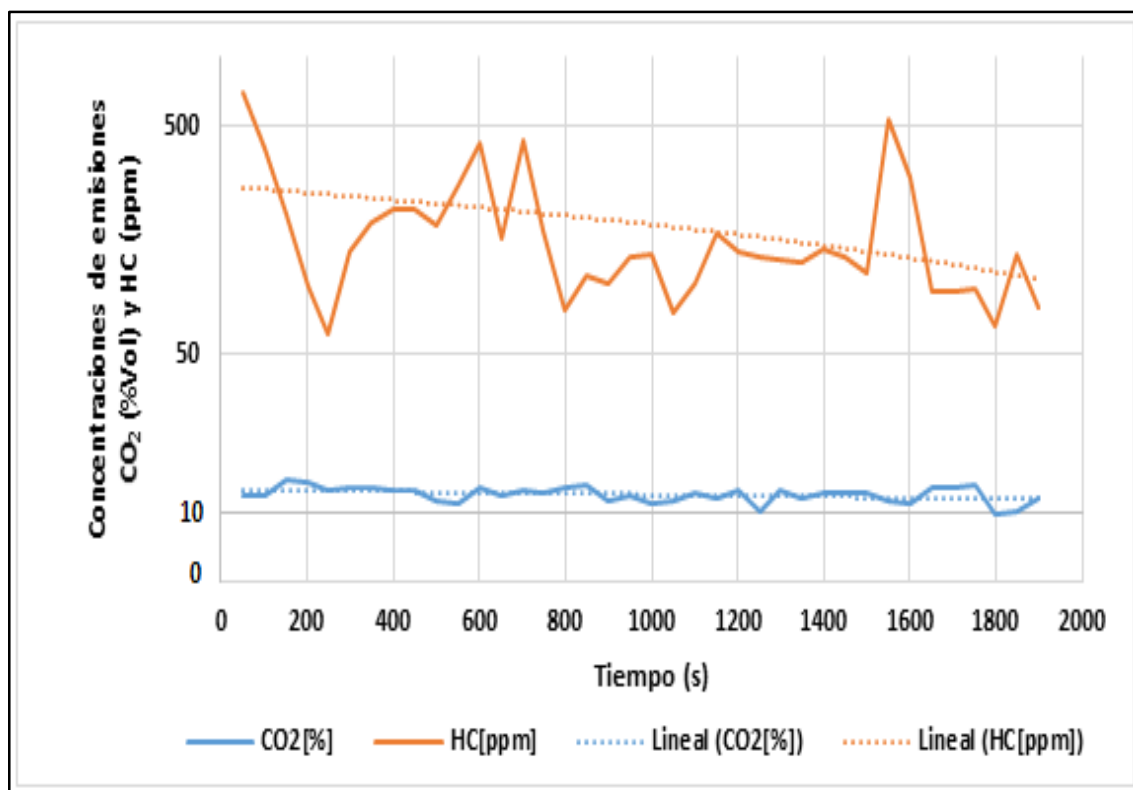


**Figura 100. Relación del NO<sub>x</sub> utilizando el ciclo ruta a las 15:00 en modo estándar**



#### 4.7.12 Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo ruta con la implementación del sistema start-stop a las 15:00

El nivel de dióxido se mantiene estable a lo largo de todo el proceso presentando unos pequeños valles que se encuentran por debajo del valor nominal establecido debido a las activaciones del sistema, que se observa en la figura 101. Se aprecia que el nivel de dióxido se mantiene estable.



**Figura 101. Relación entre el CO<sub>2</sub> y los HC utilizando el ciclo ruta a las 15:00 con el sistema start-stop**

Los hidrocarburos tienden a disminuir desde el inicio hasta el segundo tramo de la prueba, posteriormente disminuye en menor medida hasta el final de la prueba. El porcentaje de dióxido disminuye al inicio de la prueba, luego tiene un ligero aumento y finalmente vuelve a disminuir, como se ve en la tabla 44.

Tabla 44.

Comparación del porcentaje de CO<sub>2</sub>, ppm de HC en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 15:00 con el sistema start-stop

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	500	550	1100	1150	1897
<b>Gases</b>						
<b>CO<sub>2</sub> (%)</b>	11,76	11,15	10,92	12,07	11,73	11,59
<b>Diferencia</b>	-0,61		1,15		-0,14	
<b>HC (ppm)</b>	702,02	184,98	277,26	101,46	171,2	80,7
<b>Diferencia</b>	-517,04		-175,8		-90,5	

La variación del nivel de CO tiende a disminuir con el tiempo, presentando algunos picos que no superan nunca el valor máximo permitido.

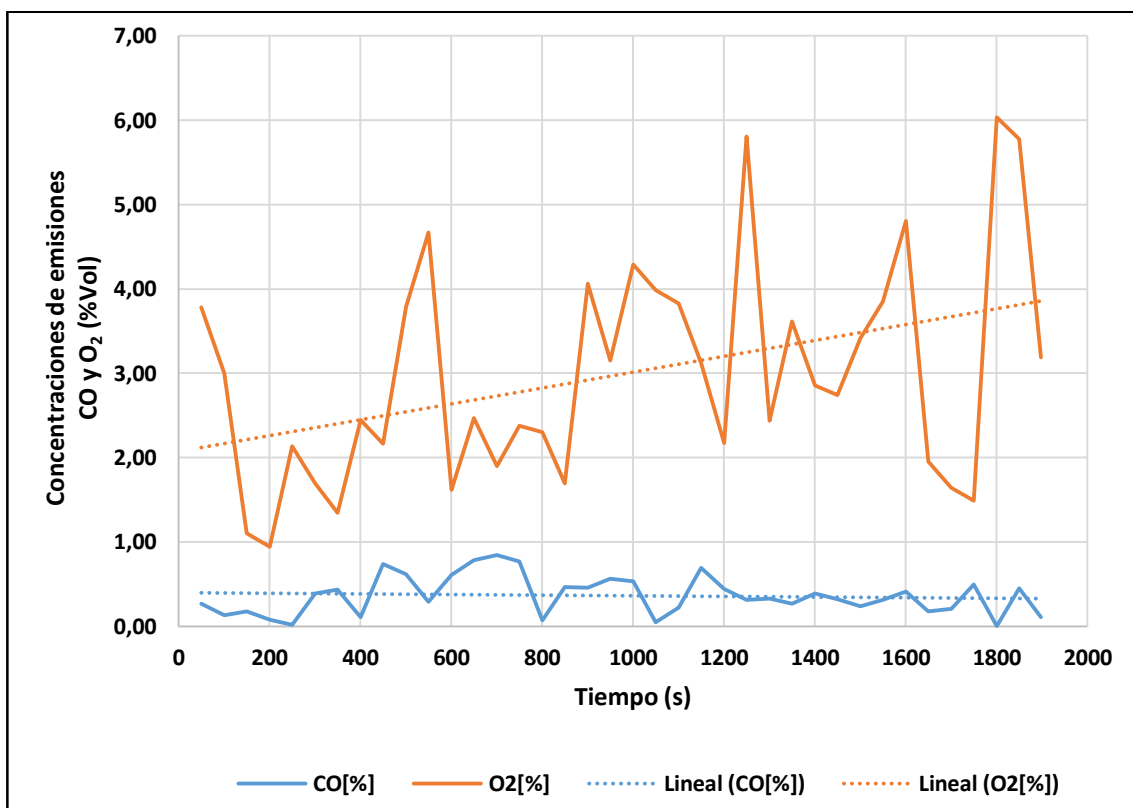


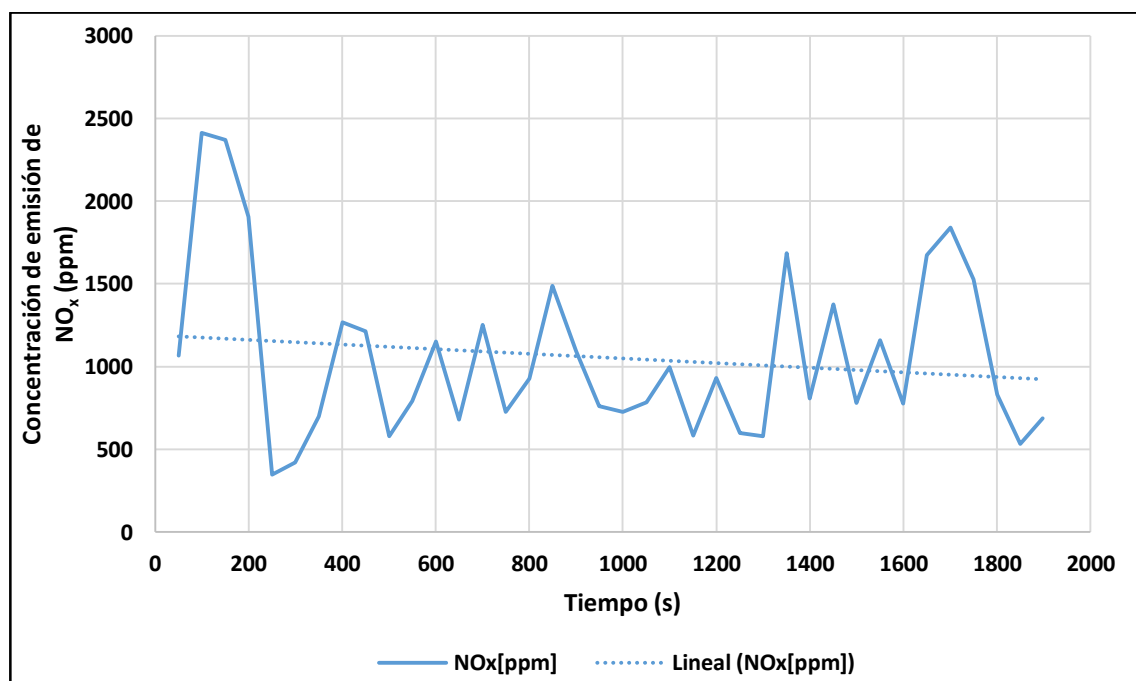
Figura 102. Relación entre el CO y O<sub>2</sub> utilizando el ciclo ruta a las 15:00 con el sistema start-stop

La desactivación del motor mediante el sistema provoca un aumento en el porcentaje de oxígeno en el volumen de gases a medida que avanza la prueba, sin embargo no se evidencian estos valores debido a la cantidad de valles que tiene la muestra, por otra parte el porcentaje de monóxido se mantiene en valores cercanos sin variaciones considerables.

**Tabla 45. Comparación del porcentaje de CO, O<sub>2</sub> en función del tiempo utilizando el ciclo ruta a las 15:00 con el sistema start-stop**

Tiempo (s)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	50	600	650	1200	1250	1897
<b>Gases</b>						
<b>CO (%)</b>	0,27	0,61	0,78	0,44	0,31	0,11
<b>Diferencia</b>	0,34		-0,34		-0,2	
<b>O<sub>2</sub> (%)</b>	3,78	1,62	2,47	2,17	5,81	3,19

Este gas es el más nocivo y tiene relación directa con la temperatura elevada que se produce durante la combustión, por lo que se determinó que al existir mezcla pobre la temperatura en la combustión de los gases aumenta.



**Figura 103. Relación del NO<sub>x</sub> utilizando el ciclo ruta a las 15:00 con el sistema start-stop**

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO ADMINISTRATIVO

Los aspectos administrativos y económicos del proyecto de investigación de la eficiencia energética en relación al consumo de combustible y emisiones al implementar el sistema start-stop en el vehículo Hyundai Getz, establecen los parámetros relacionados con la viabilidad de recursos y la factibilidad del mismo.

#### 5.1 Factibilidad de la investigación

Para obtener una factibilidad del proyecto se realizó la optimización de los recursos materiales, humanos y financieros que son aspectos fundamentales para la ejecución de la investigación.

##### 5.1.1 Recursos materiales

Los recursos materiales para el desarrollo de esta investigación se presentan a continuación:

**Tabla 46.**  
**Recursos materiales**

Ord.	Detalle
1	Módulo de control
2	Módulo de procesamiento de datos
3	Módulo de potencia
4	Cable flexible N° 14, 22
5	Compartimiento de plástico
6	Batería de 12V

### 5.1.2 Talento humano

El recurso humano involucrado en el desarrollo de la presente investigación es el siguiente:

**Tabla 47.**  
**Recursos humanos**

Ord.	Descripción	Función
1	Jhonatan Alexis Aguilar Santamaría	Investigador
2	Cristhian Dennis Rumiguano Jiménez	Investigador
3	Ing. Leonidas Quiroz	Investigador – Tutor
4	Ing. Germán Erazo	Colaborador Científico

### 5.1.3 Recurso financiero


El proyecto de investigación es auto financiado, el costo total es de 2954,50 USD.

#### A. Recursos y materiales

El recurso material es todo elemento físico que se utiliza en la culminación de la implementación del proyecto como se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 48.**  
**Implementación del módulo de control**

Ord.	Detalle	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Regulador de tensión LM7805	1	0,70	0,70
2	Condensador	2	0,10	0,20
3	Baquelita	40 cm <sup>2</sup>	0,02	0,88
4	Resistencia	6	0,03	0,18
5	Transistor 2n3904	2	0,20	0,40
6	Transistor TIP127	1	1,00	1,00

CONTINÚA 

7	Transistor TIP 122	1	1,00	1,00
8	Diodo 1N4007	2	0,06	0,12
9	Conector Molex	1	1,00	1,00
10	Estaño	1	0,50	0,50
<b>TOTAL</b>				<b>5,98</b>

**Tabla 49.**  
**Implementación del módulo de procesamiento de datos**

Ord.	Detalle	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Arduino MEGA	1	72,00	72,00
2	Pantalla TFT LCD 2.4"	1	21,00	21,00
3	Cable macho-hembra de 10 cm	32	0,10	3,20
4	Cable UTP	2 m	0,60	1,20
5	Terminal de espadín	13	0,02	0,26
6	Estaño	1	0,50	0,50
7	Pasta para soldar	1	4,50	4,50
8	Silicona en barra	1	0,25	0,25
9	Final de carrera de palanca	1	1,10	1,10
10	Cable flexible N° 14	3 m	0,60	1,80
11	Terminal hembra plano	2	0,10	0,20
12	Baquelita	10 cm <sup>2</sup>	0,02	0,22
13	Sensor reflectivo RPR220	1	1,70	1,70
14	Diodo LED	1	0,10	0,10
15	Resistencias	7	0,03	0,21
16	Transistor 2n3904	1	0,10	0,10
<b>TOTAL</b>				<b>108,12</b>

**Tabla 50.**  
**Implementación del módulo de potencia**

<b>Ord.</b>	<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
1	Cable flexible N° 14	5 m	0,60	3,00
2	Relé automotriz	2	3,50	7,00
3	Base para relé	2	3,50	7,00
4	Taipe	1	1,00	1,00
<b>TOTAL</b>				<b>18,00</b>

### **B. Recursos tecnológicos**

Las herramientas tecnológicas computarizadas se detallan a continuación:

<b>Software Ki CAD</b>	Elaboración de diagramas electrónicos y circuitos impresos para ser usados en baquelita.
<b>Software LiveWire</b>	Diseño y simulación de circuitos eléctricos y electrónicos.
<b>Software Arduino IDE</b>	Programación de la tarjeta Arduino.
<b>Software OBDWIZ</b>	Visualización de los parámetros de funcionamiento del vehículo.
<b>Microsoft Office</b>	Elaboración del escrito/Tabulación.

**Tabla 51.**  
**Equipos tecnológicos**

<b>Ord.</b>	<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
1	Comprobador de baterías	1	100,00	100,00
2	Interfaz escáner ELMScan 5 OBD II	1	80,00	80,00
3	Multímetro automotriz	1	180,00	180,00
<b>TOTAL</b>				<b>360,00</b>

**Tabla 52.**  
**Pruebas para la investigación**

<b>Ord.</b>	<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
1	Pruebas de consumo de combustible en banco dinamométrico utilizando el ciclo NEDC	6	68,40	410,40
2	Pruebas de emisiones de gases en banco dinamométrico utilizando el ciclo NEDC	6	136,80	820,80
3	Pruebas de consumo de combustible utilizando el ciclo ruta	6	68,40	410,40
4	Pruebas de emisiones de gases utilizando el ciclo ruta	6	136,80	820,80
<b>TOTAL</b>				<b>2462,40</b>

## **5.2 Título de la propuesta**

Incidencia del consumo de combustible y emisiones a través de la implementación del sistema start-stop en el vehículo Hyundai Getz 1,6.



### **5.2.1 Estructura de la propuesta**

La propuesta se encamina a la implementación de un sistema alternativo como es el start-stop, el cual aportó de manera significativa con la reducción de consumo de combustible.

### **5.2.2 Desarrollo de la propuesta**

Esta propuesta requiere de diferentes recursos como son: el talento humano, recursos financieros, materiales y tecnológicos, los mismos que fueron presentados en la factibilidad de la investigación.

El costo estimado del proyecto de investigación es de 2954,50 USD, en este no se encuentra incluido el talento humano.

### **5.2.3 Influencia socioeconómica de la propuesta**

Se muestra un análisis económico acerca del proyecto de implementación del sistema start-stop en el vehículo Hyundai Getz 1,6 y se debe tener presente las siguientes consideraciones.

Esta investigación se consideró para vehículos livianos que por lo general recorren una distancia de 20000 km al año, en donde se destacan recursos económicos como el consumo de combustible y el mantenimiento preventivo del sistema cada año, por lo cual se plantea un análisis durante 6 años desde su implementación y los gastos que conllevan dicha instalación se observa a continuación.

**Tabla 53.**  
**Costos de la implementación del sistema start-stop**

<b>Ord.</b>	<b>Detalle</b>	<b>Costo</b>
1	Módulo de control	5,98
2	Módulo de procesamiento de datos	108,12
3	Módulo de potencia	18,00
4	Compartimiento de plástico	20,00
<b>TOTAL</b>		<b>152,10</b>

En la tabla 52 se describen los costos de la implementación del sistema start-stop en el vehículo Hyundai Getz 1,6, el valor inicial de la propuesta es de 152,10 USD. Estimando una utilidad del 40% por implementar el sistema, el honorario estaría oscilando en 225,00 USD.

**Tabla 54.**  
**Costos del trabajo del sistema start-stop**

<b>Ord.</b>	<b>Detalle</b>	<b>Inversión inicial</b>	<b>Valor anual</b>
1	Implementación	225,00	
2	Mantenimiento del sistema start-Stop		40,00
3	Consumo de combustible		765,715
<b>TOTAL</b>			<b>840,715</b>

En la tabla 53 se observa el costo de mantenimiento del sistema start-stop, el cual se debe realizar anualmente con un valor de 75,00 USD, a su vez se efectuó el cálculo de consumo de combustible al año y se obtuvo el precio aproximado de 765,715 USD. Para obtener un correcto funcionamiento del sistema start-stop se consideró que se debe contar con mínimo 840,715 USD.

Para obtener los costos de consumo de combustible que genera el sistema start-stop se realizó pruebas utilizando protocolos de conducción en la ciudad de Quito. Se determinó mediante la ecuación 9 de interpolación que el vehículo anualmente, es decir, a los 20000 km consume aproximadamente 585,405 gal, dando como resultado un costo de 866,399 USD, ya que el precio actual de la gasolina extra es 1,48 USD. Utilizando el sistema start-stop se produjo un consumo de 517,375 gal y un valor de 765,715 USD, estableciéndose un ahorro de 100,684 USD.

**Tabla 55.**  
**Plan de costos y flujo de caja**

Años	0	1	2	3	4	5	6
<b>Inversión</b>	225,00						
<b>Ingresos</b>		100,68	100,68	100,68	100,68	100,68	100,68
<b>Egresos</b>		40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
<b>Flujos</b>	(225,00)	60,68	60,68	60,68	60,68	60,68	60,68

Se realiza una proyección para 6 años teniendo en cuenta que la inversión inicial fue de 225,00 USD, Los ingresos anuales son de 100,68 USD y los egresos son los valores generados por la implementación y el mantenimiento del sistema. Con estos valores se realizó el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) con una tasa de descuento del 10% y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

**Proyecto A**

Desembolso Inicial  
-225

Tasa de Actualización porcentual  
10

Flujos de Caja

Añadir Flujo

1	60,68
2	60,68
3	60,68
4	60,68
5	60,68
6	60,68
7	
8	
9	

Borrar Seleccionado

**Resultado**

VAN:	<b>35,71</b>
TIR:	<b>15,8%</b>

**Figura 104. Cálculo del VAN y TIR del proyecto**

El valor que se obtuvo del VAN fue de 35,71 USD y un TIR de 15,8%, para que un proyecto sea factible el resultado del VAN debe ser mayor a cero y el TIR alto. Se llegó a la conclusión de que este proyecto de investigación es viable.

## CONCLUSIONES

- Se recopiló información científica que fundamente el desarrollo de la investigación propuesta.
- Se determinó los parámetros de consumo de combustible y emisiones con el sistema convencional.
- 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 (m $\Omega$ ), 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.
- Se efectuó las pruebas de funcionalidad considerando protocolos de conducción basados en los siguientes métodos NEDC en ciclo urbano – ciclo extraurbano para la obtención de datos de consumo de combustible y emisiones.

- El sistema start-stop basa su funcionamiento en señales digitales y analógicas obtenidas de sensores como velocidad del vehículo, temperatura del motor, posición del cigüeñal, estado de batería, posición de la palanca de cambios y embrague.
- Las condiciones de funcionamiento del sistema start-stop se establecieron de la siguiente manera: temperatura de funcionamiento del motor a menor a 60° C, voltaje de batería menor a 12,4 V, sistema de embrague presionado y posición de la palanca de cambios en neutro.
- Las condiciones de apagado del sistema start-stop se implantaron de la siguiente manera: velocidad del vehículo menor a 5 km/h, régimen de giro en ralentí menor a 1000 rpm, sistema de embrague sin accionar y posición de la palanca de cambios en neutro.
- Se comprobó la caída de tensión de la batería durante el arranque por 14 ocasiones, durante el ciclo NEDC y ruta en ningún momento disminuyo su tensión por debajo del límite estándar 9,6 V con un promedio de tensión de 11,31 V, lo que representa 0,7 V por debajo del nominal, el que es recompensado por el sistema de carga del vehículo.
- Para las pruebas de consumo y rendimiento de combustible se utilizó el jet clean durante las pruebas del ciclo NEDC y ruta, equipo de medición constituido por una bomba manual de presión, deposito, manómetro, válvula de despresurización, conductos de ingreso y retorno del combustible.

- Los valores promedios de las pruebas de consumo de combustible utilizando el ciclo NEDC con el vehículo estándar es 0,065 l/km y con el sistema implementado 0,059 l/km, lo que representa un ahorro del 9,23% en un distancia recorrida en los rodillos del dinamómetro de 11 km. Los valores promedios de las pruebas de consumo de combustible en ruta con el vehículo estándar es 0,11 l/km y con el sistema implementado 0,098 l/km, lo que representa un ahorro del 10,9% en un distancia recorrida por el hipercentro de Quito de 8,2 km en la hora pico de congestión vehicular.
- Los valores promedios de las pruebas de rendimiento de combustible utilizando el ciclo NEDC con el vehículo estándar es 58,064 km/gal y con el sistema implementado 63,519 km/gal, lo que representa un rendimiento 109,39%. Los valores promedios de las pruebas de rendimiento de combustible en ruta con el vehículo estándar es 34,447 km/gal y con el sistema implementado 38,674 km/gal, lo que representa un rendimiento 112,27%.
- Las concentraciones de emisión durante el ciclo NEDC en modo estándar a medida que transcurre el tiempo de hidrocarburos no combustionados disminuyen generando un promedio de 144,13 ppm HC, mientras que el dióxido de carbono se mantiene con un promedio de 13,36% CO<sub>2</sub>, se crea un pico de oxígeno 1,15% O<sub>2</sub> que se produce debido al ralentí en que se encontraba el vehículo al final de la prueba, el monóxido de carbono 0,372% CO más alto existe cuando el motor ha empezado su funcionamiento el cual disminuye a medida que transcurre la prueba, para estabilizarse, determinando el cumplimiento de la normativa actual establecida en la norma 2204 de la NTE INEN.

- Las concentraciones de emisión durante el ciclo NEDC con el sistema start-stop a medida que transcurre el tiempo de hidrocarburos no combustionados se incrementan generando un promedio de 162,57 ppm HC, mientras que el dióxido de carbono se mantiene con un promedio de 12,67% CO<sub>2</sub>, se crea un pico de oxígeno 2,32% O<sub>2</sub> que se produce debido al ralentí en que se encontraba el vehículo al final de la prueba, el monóxido de carbono 0,32% CO más alto existe cuando el motor ha empezado su funcionamiento el cual disminuye a medida que transcurre la prueba, para estabilizarse, determinando que el valor de las partículas por millón de hidrocarburos se encuentra con un 18,72% por debajo de lo establecido en la norma 2204 de la NTE INEN; y además se ve disminuido el impacto ambiental considerando el tiempo medio de operación del motor de combustión interna.
- Las concentraciones de emisión NO<sub>x</sub> durante el ciclo NEDC en modo estándar en promedio es de 481,12 ppm y con el sistema start – stop es de 1182,03 ppm lo que representa un 245,68% de incremento debido a la inestabilidad a las elevadas temperaturas presentes en la combustión y a la falta de estequiometría en la mezcla aire-combustible.
- Las concentraciones de emisión durante el ciclo ruta modo estándar por el hipercentro de la ciudad de Quito los hidrocarburos no combustionados se generan con un promedio de 93,33 ppm HC, mientras que el dióxido de carbono se mantiene con un promedio de 12,71% CO<sub>2</sub>, se crea un pico de oxígeno 2,03% O<sub>2</sub> debido al ralentí en que se encontraba el vehículo al final de la prueba, el monóxido de carbono 0,31% CO más alto existe cuando el motor ha empezado su funcionamiento el cual disminuye a medida que transcurre la prueba, para estabilizarse, determinando el cumplimiento de la normativa actual establecida en la norma 2204 de la NTE INEN.



- Las concentraciones de emisión durante el ciclo ruta con el sistema start – stop los hidrocarburos no combustionados se generan con un promedio de 212,71 ppm Hc, mientras que el dióxido de carbono se mantiene con un promedio de 11,96% CO<sub>2</sub>, se crea un pico de oxígeno 3,02% O<sub>2</sub> que se produce debido al ralentí en que se encontraba el vehículo al final de la prueba, el monóxido de carbono 0,46% CO más alto existe cuando el motor ha empezado su funcionamiento el cual disminuye a medida que transcurre la prueba, para estabilizarse, determinando un ligero incremento de las partículas por millón de hidrocarburos lo que representa 6,36% de incumplimiento de la normativa actual establecida en la norma 2204 de la NTE INEN; pero que se ve disminuido el impacto ambiental considerando el tiempo medio de operación del motor de combustión interna.
- Las concentraciones de emisión NO<sub>x</sub> durante el ciclo ruta en modo estándar en promedio es de 288,4 ppm y con el sistema start – stop es de 950,81 ppm lo que representa un 329,68% de incremento debido a la inestabilidad a las elevadas temperaturas presentes en la combustión y a la falta de estequiometría en la mezcla aire-combustible.
- El sistema start – stop implementado en el vehículo Hyundai Getz 1,6 contribuye de manera exponencial a reducir el impacto ambiental producido por los procesos de combustión de los sistemas de propulsión utilizados en transporte especialmente en la reducción del consumo de combustible, en tal virtud a las emisiones de HC, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y Nox debido a la reducción de los tiempos medios de funcionamiento del motor en condiciones de tráfico lo que evidencia un impacto energético favorable que puede ser aplicado en coches de media y baja gama.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en proyectos de investigación posteriores, se desarrolle un sistema start-stop que funcione en conjunto con un dispositivo de frenado regenerativo para mejorar el rendimiento de la batería.
- Para proyectos de investigación posteriores se recomienda analizar la degradación del aceite de motor utilizando el sistema start-stop.
- El vehículo debe estar en perfectas condiciones de operación, para ello se debe efectuar la afinación del motor así como las revisiones que se indican en cada una de las pruebas, con el fin de obtener resultados más precisos.
- La seguridad personal es un parámetro fundamental que se debe adoptar en la implementación del sistema hasta la realización de cada una de las pruebas siguiendo los protocolos establecidos, para evitar posibles accidentes en el proyecto a desarrollarse.
- A fin de que los datos sean lo más exactos posibles, se recomienda realizar todas las pruebas bajo las mismas condiciones climáticas y respetando los límites de velocidad que rigen en la ciudad de Quito.
- Impulsar este tipo de proyectos de investigación ya que buscan contribuir con el medio ambiente y además fortalecer el aprendizaje adquirido a lo largo de la carrera.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J. (2007). Técnicas del automóvil. Madrid: Paraninfo.
- Barrera, O., Ros, J. (2011). Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad. Madrid: Paraninfo.
- Bosch, R. (2005). Manual de la técnica del automóvil. 4ta. Ed. Alemania: Departamento de impresos técnicos.
- Boylestad, R. (2009). Electrónica: Teoría de Dispositivos y Circuitos Electrónicos. México; D.F.: Pearson Education.
- Casanova, J., Fonseca, N., Valdez, M. (2011). Influence of the Stop/Start system on CO2 emissions of vehicle in urban traffic.
- Eisele, B., Lomax, T., Schrank, D. (2012). Urban mobility report, Texas: Transportation Institute.
- González, M., Mas, J., Vidal, F. (2014). Sistemas de seguridad y confortabilidad. España: EDITEX.
- Hartman, J. (2013). How to Tune and Modify Engine Management System (Motorbooks Workshop)". Texas: Motorbooks.
- Hella. (2016). Intelligent battery sensor (IBS) 12 V. Lippstad: HELLA KGaA Hueck & Co.
- Horst, B.(2012).Baterías de arranque . 1era edición. Reverté.
- Kremer, M. (2011). In-market Application of Start-Stop Systems in European Market, FEV Project Report.
- Kuznetzov, M. (1967). Fundamentos de Electrotecnia. Moscú: MIR.

- Jaimes, E., López, R., Rico, F. (2001). Daños a la salud por contaminación atmosférica. México; D.F.: VAMEX.
- Larocca, L., Nagvanshi, P., Silberg, G. (2010). The transformation of the automotive industry. The environmental regulation effect KPMG International.
- Marek, J. (2003). Sensors for Automotive Technology (Wiley-VCH). Darmstadt: Betz-Druck GmbH.
- Ozdemir, A. (2013). Stop/Start System Integration to Diesel Engine and System Modelling & Validation. Estambul.
- Ruiz, T. (2004). Análisis Básico de Circuitos Eléctricos y Electrónicos. Madrid: Pearson Education.
- Schmidt, S. (2008). Testing and assessment protocol release 2.0. The automotive environmental rating program. Foundation for the automobile and society.
- Society of Automotive Engineers Surface Vehicle Standard. (1995). Fuel economy measurement road test procedure.
- Us Department of Transportation. (2010). Transportation's role in reducing U.S greenhouse gas emissions. Volume 1. Synthesis report.
- USDOT. (2016). Transportation's role in reducing U.S greenhouse gas emissions. Volume 2. Technical report.
- Vallejo, P. (2005). Física Vectorial 1. Quito: Rodin

## NETGRAFÍA

Bosch, R. (2016). Start stop System. Recuperado el 10 de noviembre del 2016, Obtenido de, [http://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts\\_and\\_accessories/motor\\_and\\_systems/start\\_stop\\_system/functionality\\_start\\_stop\\_system/functionality\\_start\\_stop\\_system.html](http://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts_and_accessories/motor_and_systems/start_stop_system/functionality_start_stop_system/functionality_start_stop_system.html)

El Comercio. (6 de Agosto de 2014). 5.1 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, en el año. Recuperado el 03 de noviembre del 2016, Obtenido de, <http://www.elcomercio.com.ec/5.1-millones-de-toneladas-de-CO2>

Estudio del motor de arranque. Santo Domingo (2012). Recuperado el 05 de noviembre del 2016, Obtenido de, <http://www.stodomingo.ute.edu.ec/content/101688-153-20-2-6-17/Curso%20de%20electricidad%20del%20automovil%20-%20Estudio%20del%20Motor%20de%20arranque.pdf>

INECC. (2014). Instituto nacional de estadísticas y censos. Recuperado el 03 de noviembre del 2016, Obtenido de, <http://www2.inec.gob.ec/publicaciones/libros/618/vehiculos.pdf>

Ministerio del ambiente. (2010). Plan nacional de calidad del aire. Recuperado el 04 de noviembre del 2016, Obtenido de, <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>

Mosquera, R. (2010). Centro de Investigaciones Económicas. Universidad de las Américas. Recuperado el 10 de noviembre del 2016, Obtenido de, <http://www.udla.edu.ec/wp-content/uploads/2013/12/1432011130.Racionalizacion-del-uso-del-automovil-en-Quito-final.pdf>

Pastor, J. (2016). Enciclopedia de clasificaciones. Recuperado el 12 de febrero del 2016, Obtenido de, <http://professionalbatterychargers.com/es/tipologia%20di%20batterie>

Secretaría de ambiente del DMQ. (2015). Informe anual. Recuperado el 04 de noviembre del 2016, Obtenido de, [http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria\\_Ambiente/red\\_monitoreo/informacion/ICA2015.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/ICA2015.pdf)

Secretaría de movilidad del DMQ. (2014). Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Recuperado el 05 de noviembre del 2016, Obtenido de, <http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/pdf/diagnosticomovilidad.pdf>

## **NORMAS**

Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2002). NTE INEN 2204:2002, Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina

New European Driving Cycle NEDC. (1999). Commission of the european communities. Communication from the commission to the european parliament.

# ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores:  
**CRISTHIAN DENNIS RUMIGUANO JIMÉNEZ** y **JHONATAN ALEXIS AGUILAR SANTAMARÍA**.

En la ciudad de Latacunga, a los catorce días del mes de agosto de 2017.

**Aprobado por:**

Ing. Leonidas Quiroz

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Ing. Danilo Zambrano

**DIRECTOR DE CARRERA**

**SECRETARIO ACADÉMICO**