



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-L

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORES: JHONATAN AGUILAR
CRISTHIAN RUMIGUANO

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”

DIRECTOR: ING. LEONIDAS QUIROZ

LATACUNGA 2017



CONTENIDO

- Antecedentes
- Planteamiento del problema
- Metas
- Objetivos
- Introducción
- Implementación
- Programación
- Pruebas
- Análisis de resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones



ANTECEDENTES

- Reducción del consumo de combustible.
- Disminución del impacto ambiental del automotor en condiciones de parada.
- Implementación de sistemas que optimicen el funcionamiento de los vehículos y su demanda de energía.
- Investigación de la eficiencia energética en el transporte para la movilidad personas.
- Optimización de recursos energéticos.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Desaprovechamiento energético del motor de combustión interna en ralentí.
- Emisiones CO_2 , CO , NO_x , HC que generan efecto invernadero y daños a la salud.
- Inadecuada aplicación y desarrollo de sistemas que optimicen la demanda de fuentes de energía en la transportación.
- Tiempos medios de operación y funcionamiento del motor de combustión interna inapropiados en bajas revoluciones (ralentí).



METAS

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



OBJETIVOS

- **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.



• **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.

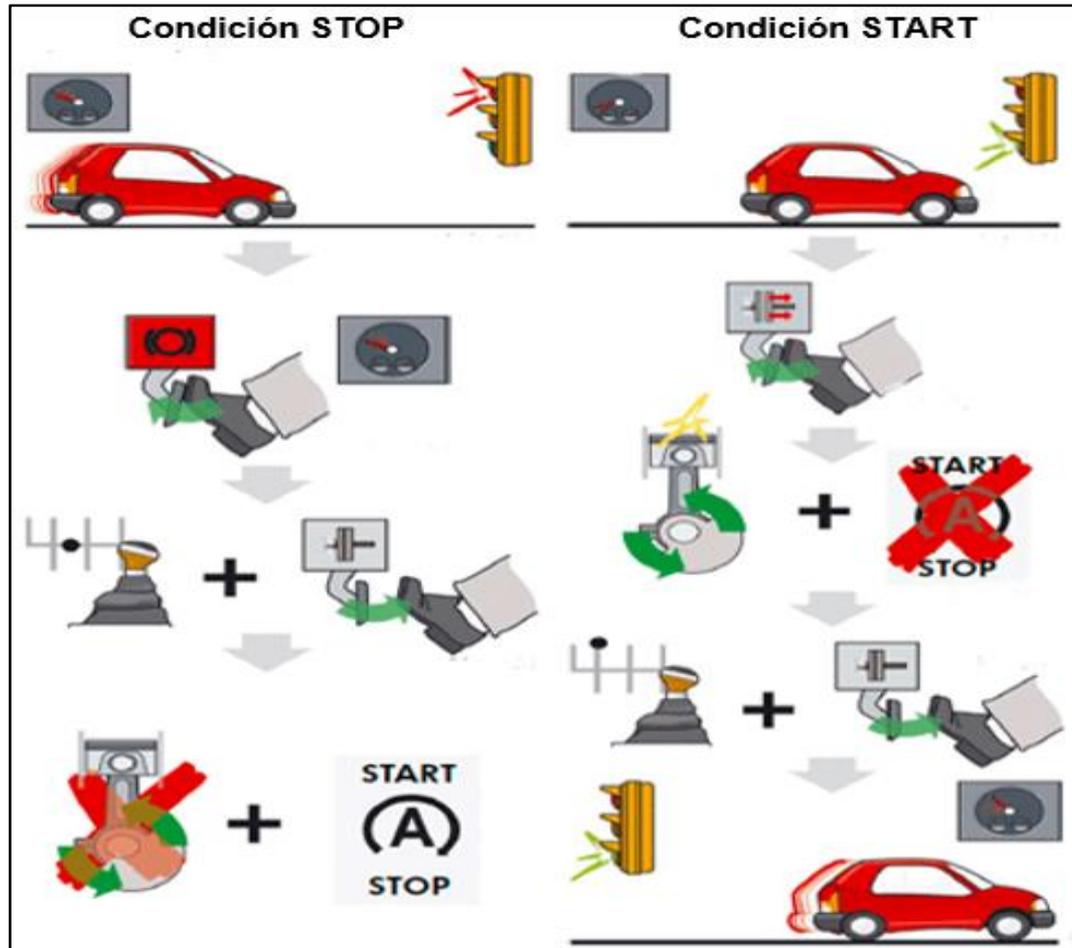


- Implementar el sistema start-stop considerando el diseño simulado mediante software libre, validando lo propuesto, lo que permitió identificar de una manera precisa los requerimientos y necesidades del sistema.
- Efectuar las pruebas de funcionalidad considerando protocolos de conducción basados en los siguientes métodos NEDC en ciclo urbano – ciclo extraurbano para la obtención de datos de consumo de combustible y emisiones.

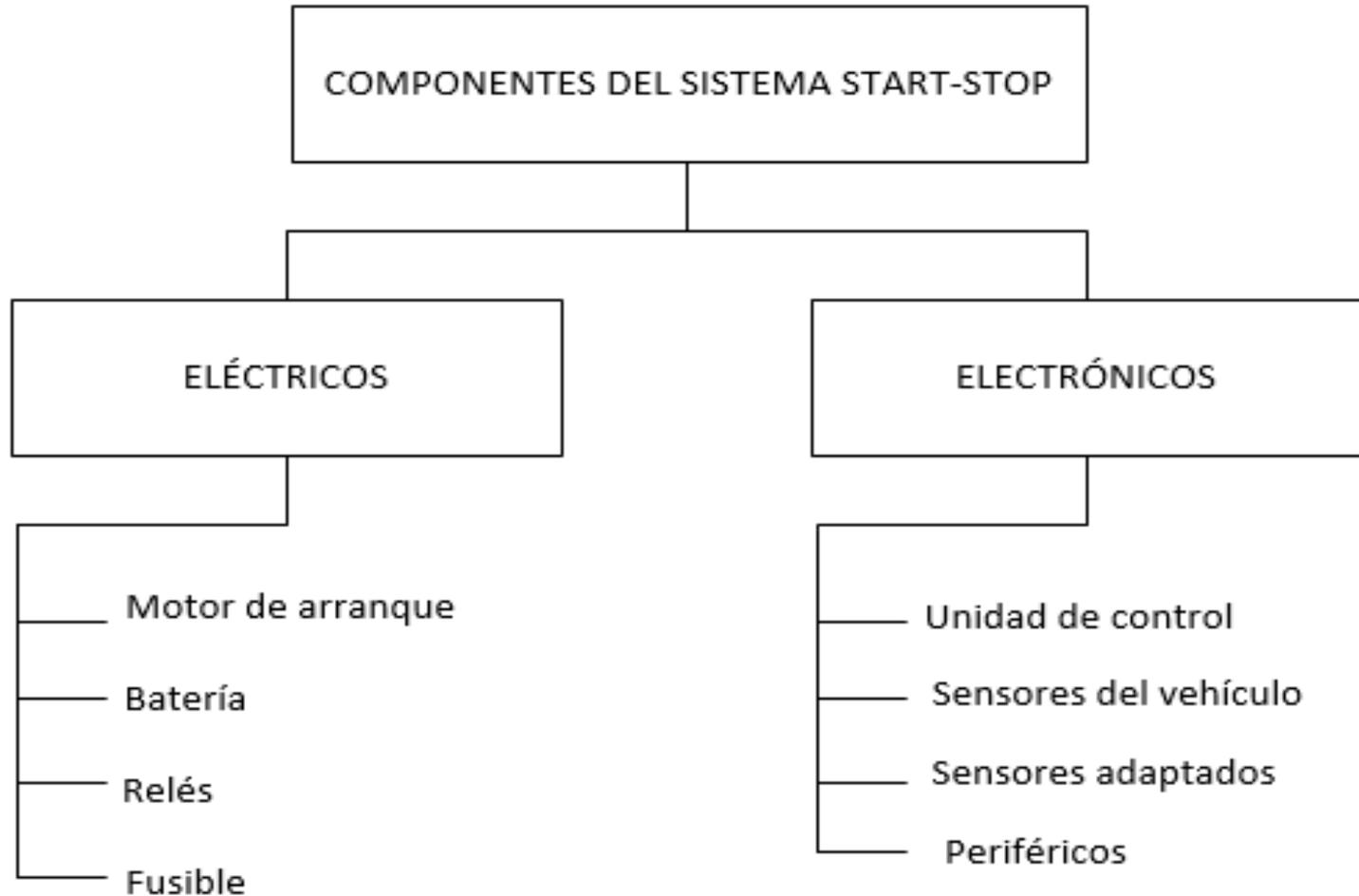


INTRODUCCIÓN

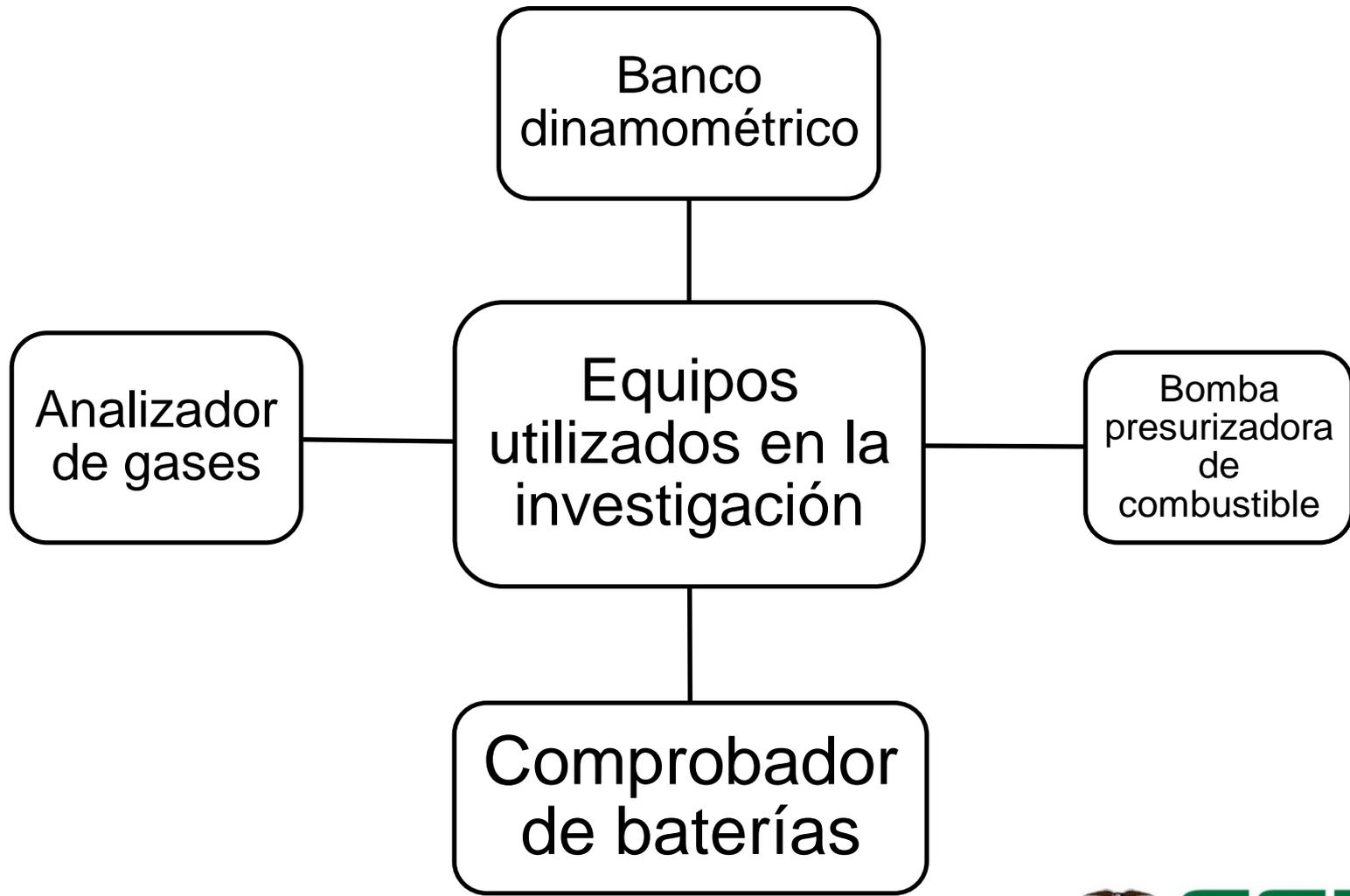
- Funcionamiento del sistema start-stop



- **Componentes del sistema start-stop**

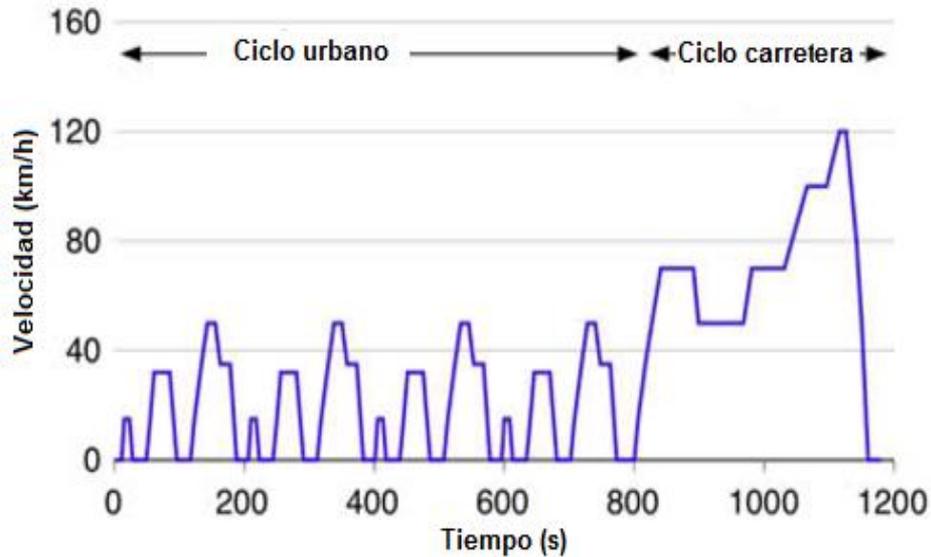


- **Equipos utilizados**

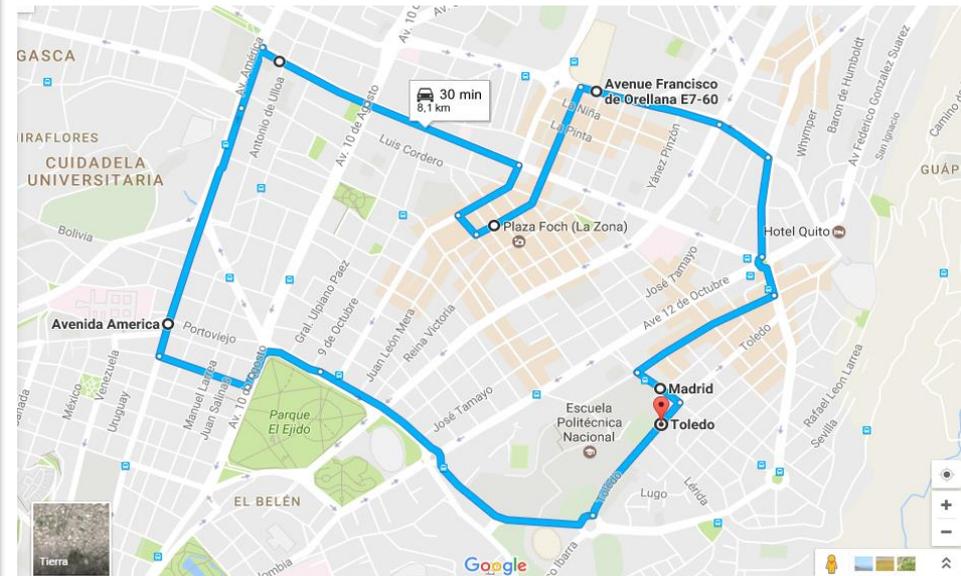


• Metodología de pruebas dinámicas

Ciclo NEDC



Ciclo ruta



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

- Levantamiento de requerimientos

Batería

Sensor de
embrague

Elementos
de control
eléctrico

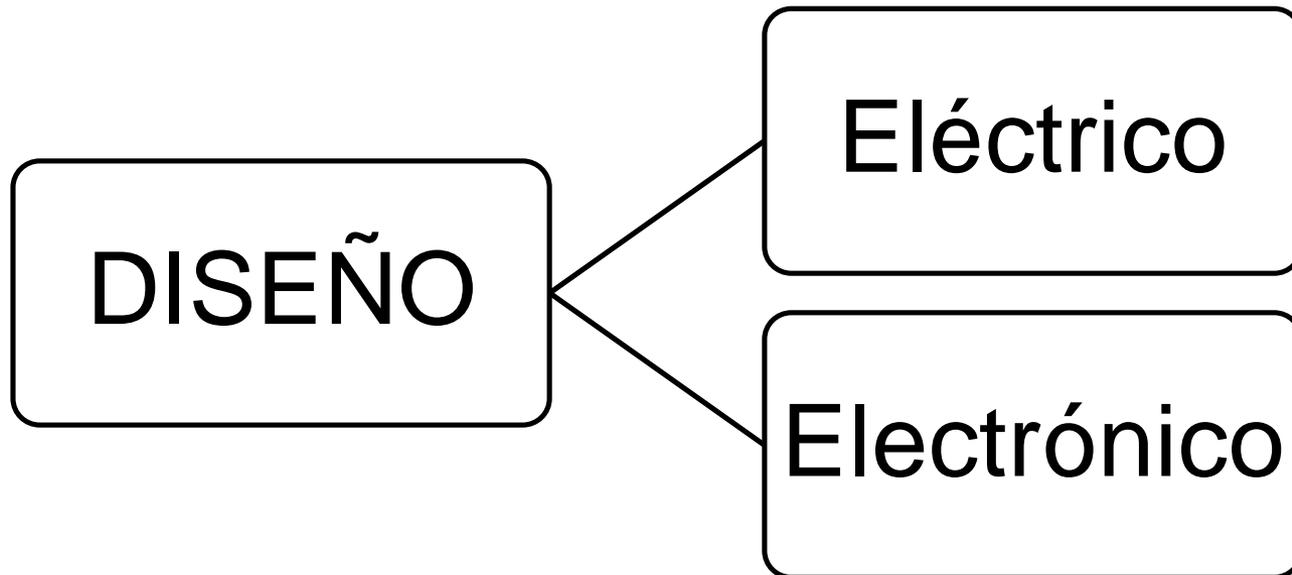
Sensor de
palanca de
cambios

Controlador
electrónico

Módulo de
control
electrónico

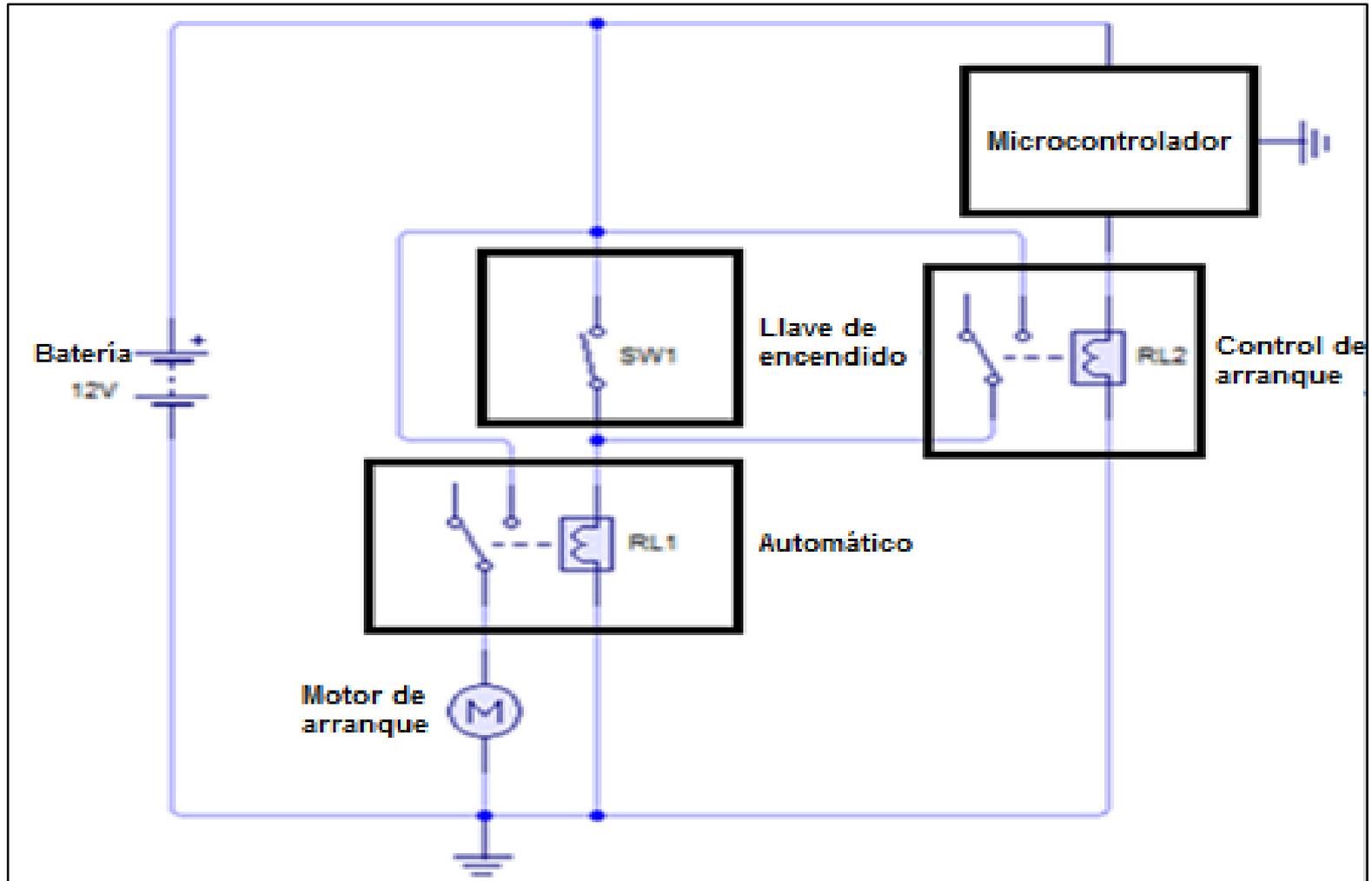


- **Diseño**

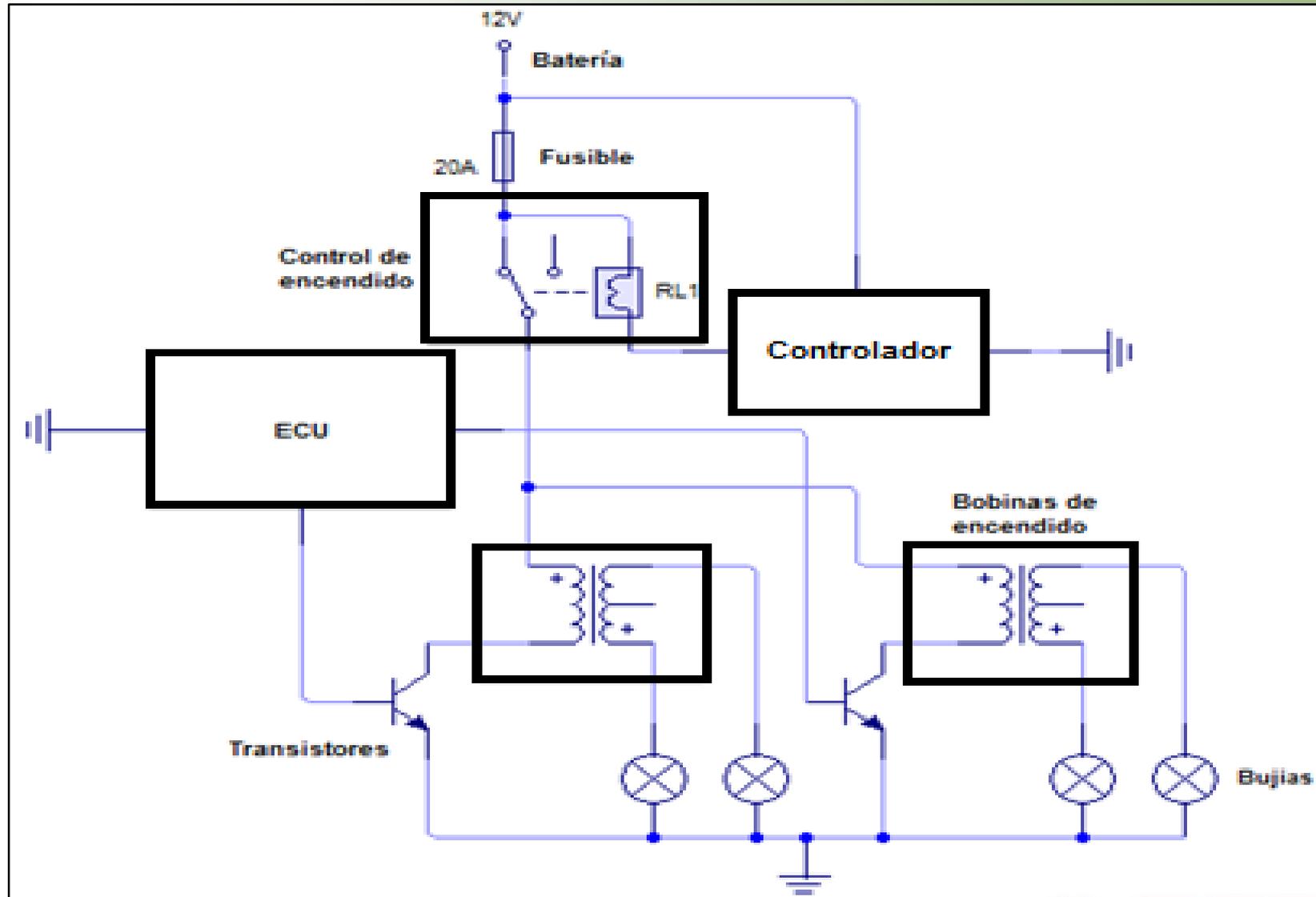


DISEÑO ELÉCTRICO

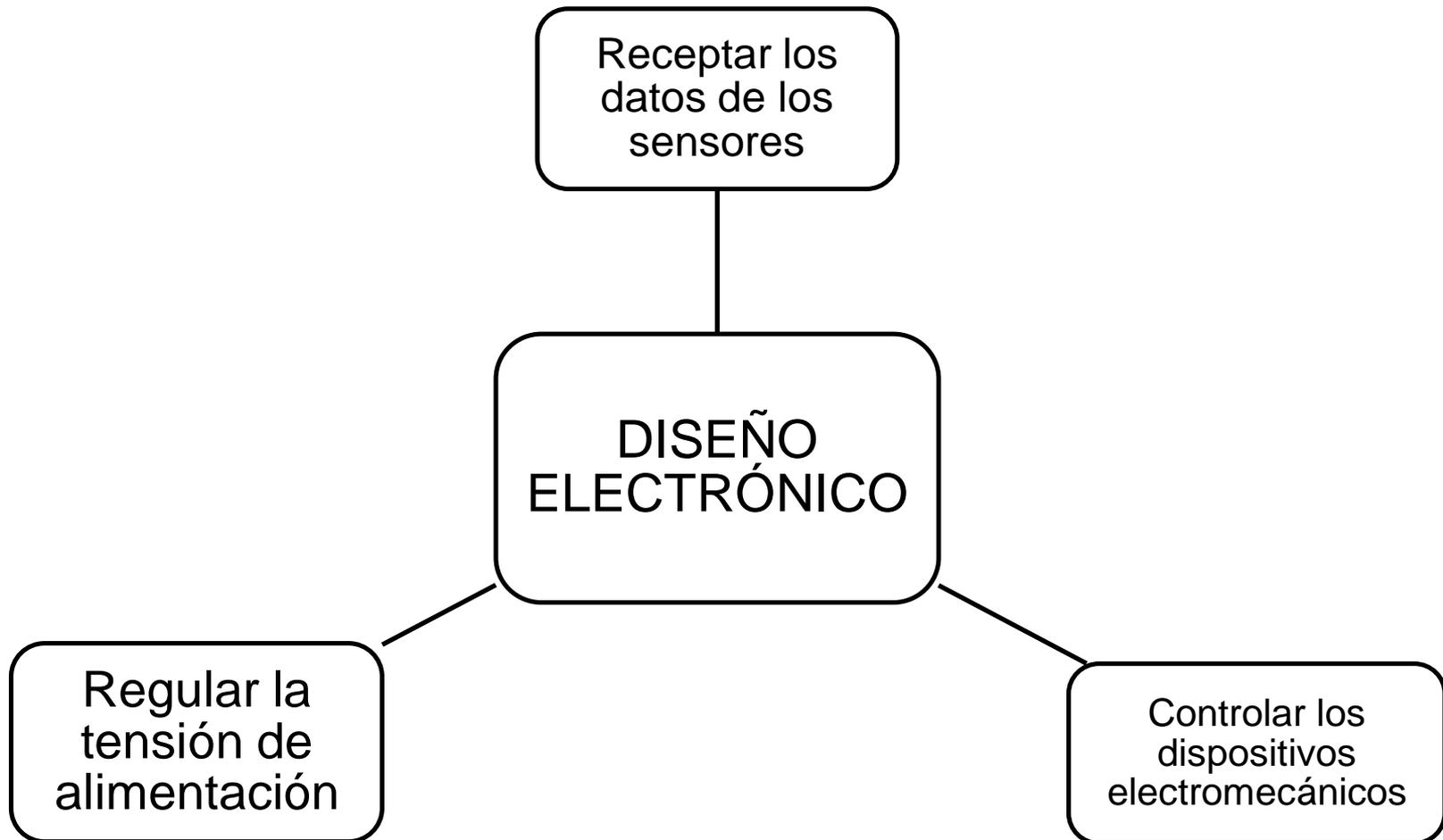
- Control de arranque



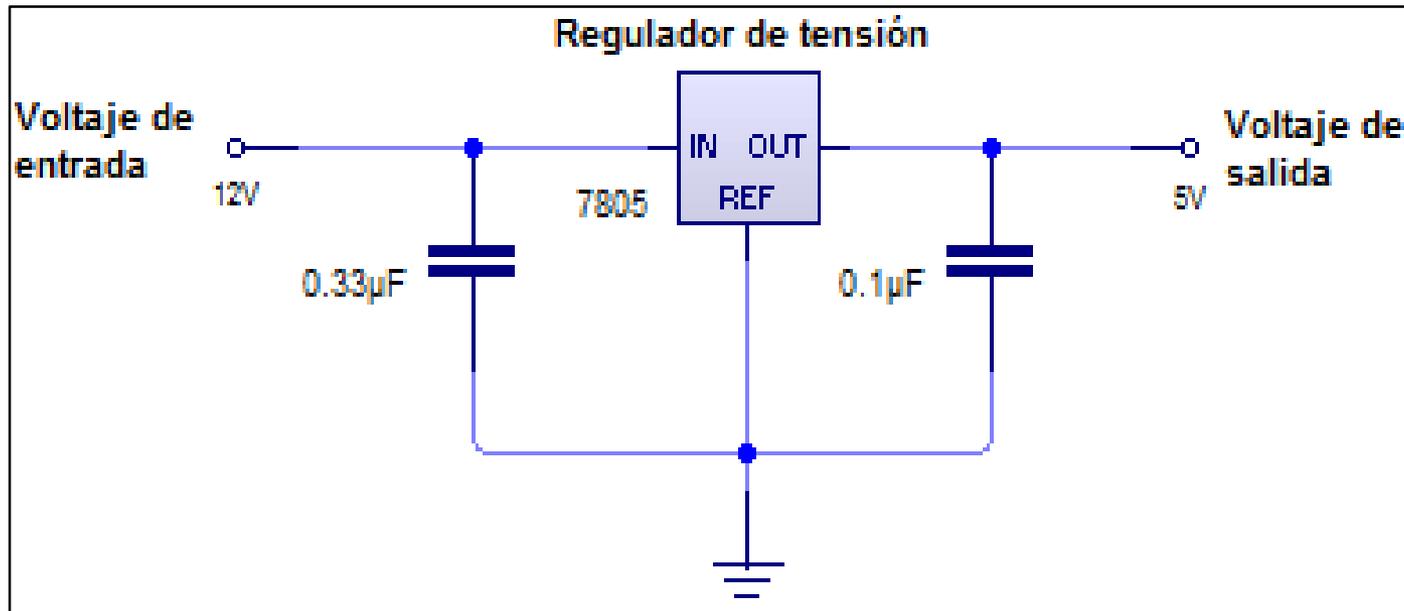
- Control de encendido



DISEÑO ELECTRÓNICO



- Fuente de alimentación



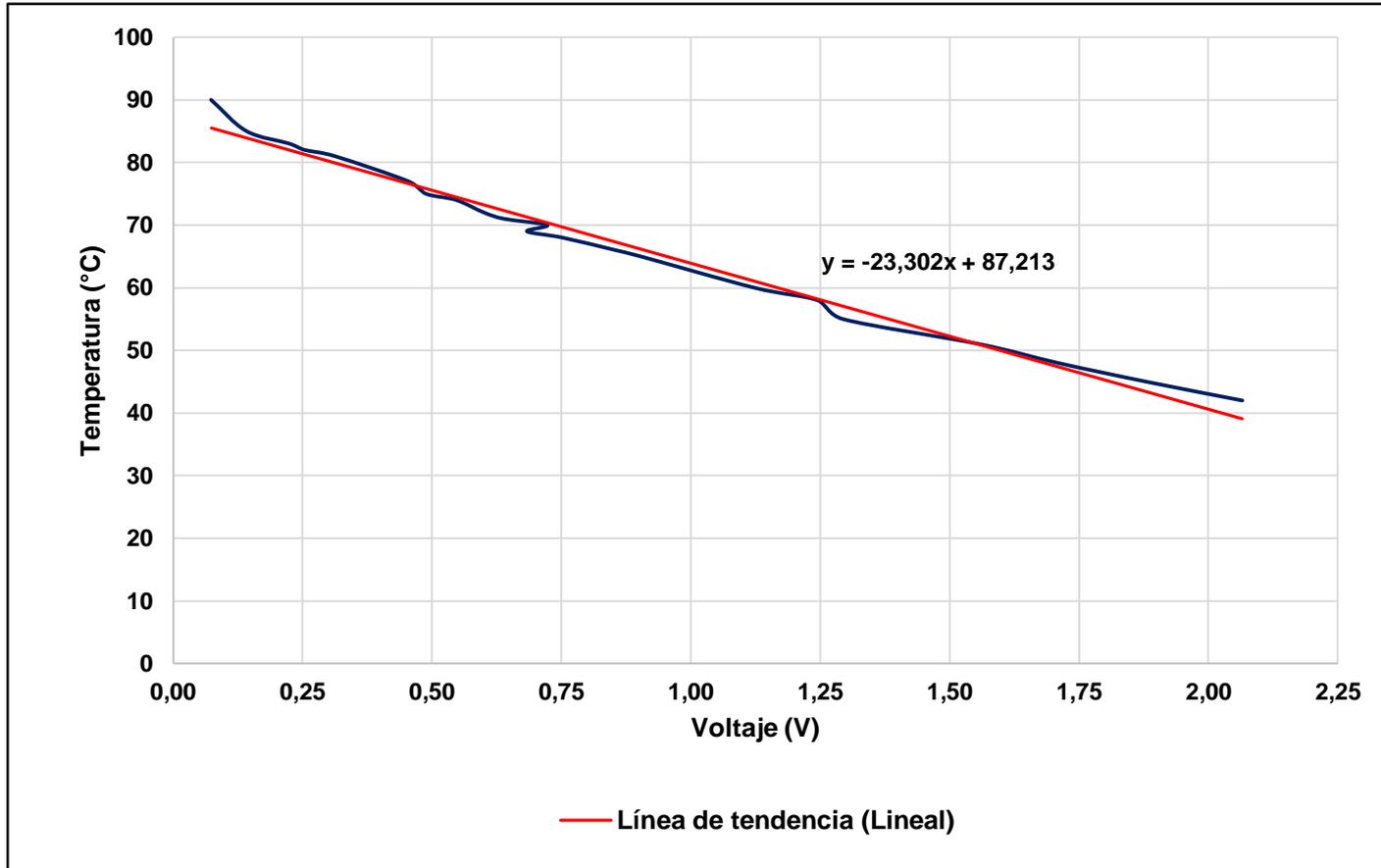
- **Señales analógicas**

**Señal de
temperatura**

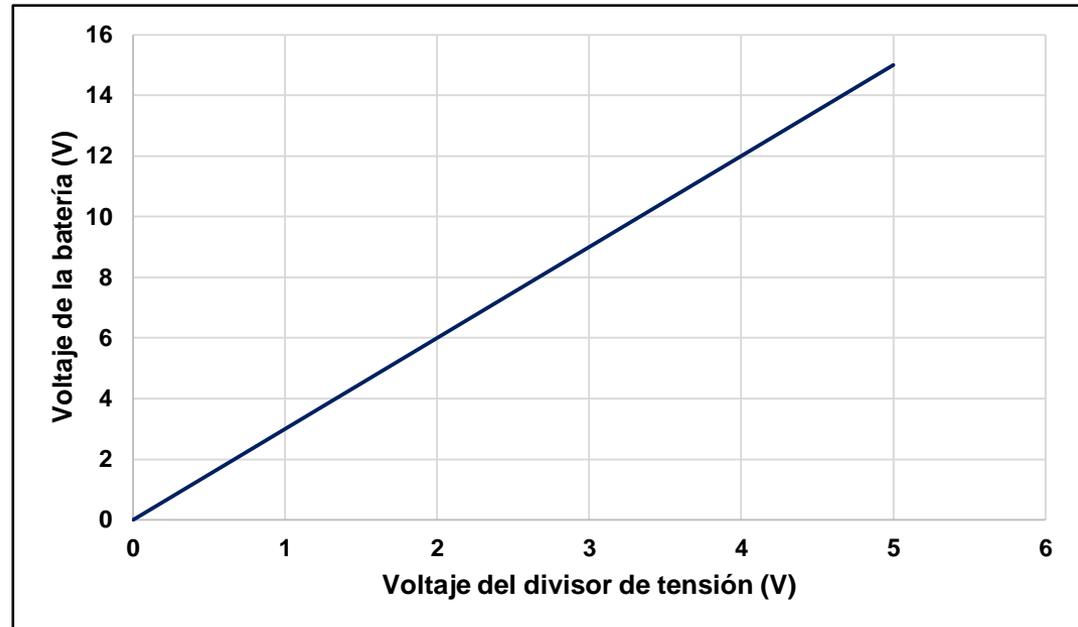
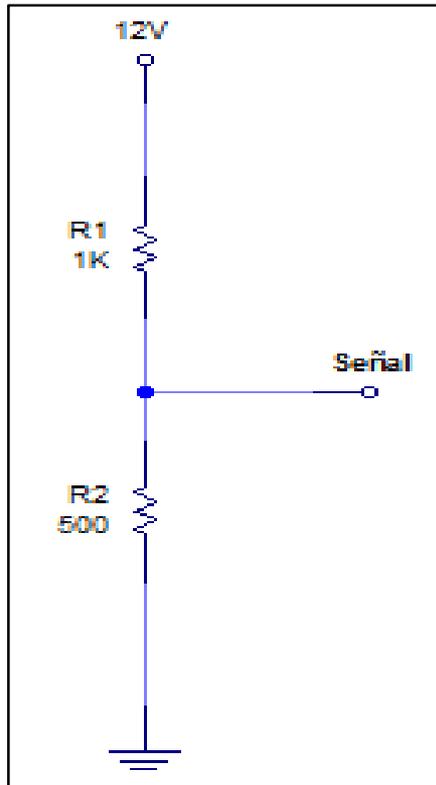
**Señal de
voltaje de la
batería**



- Señal de temperatura



- Señal de voltaje de la batería



- **Señales digitales**

**Señal de
velocidad del
motor**

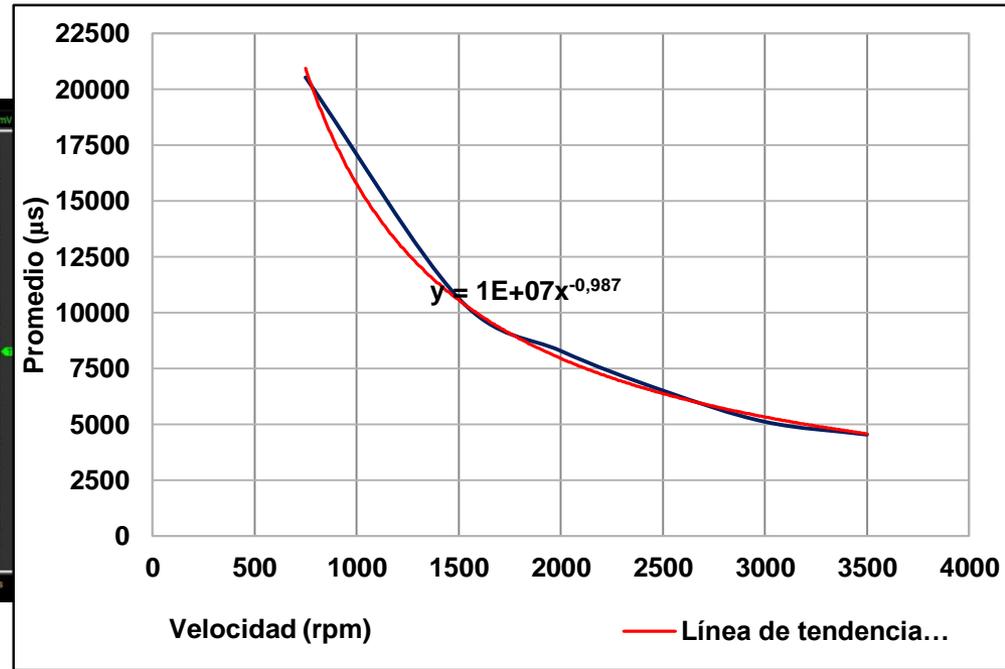
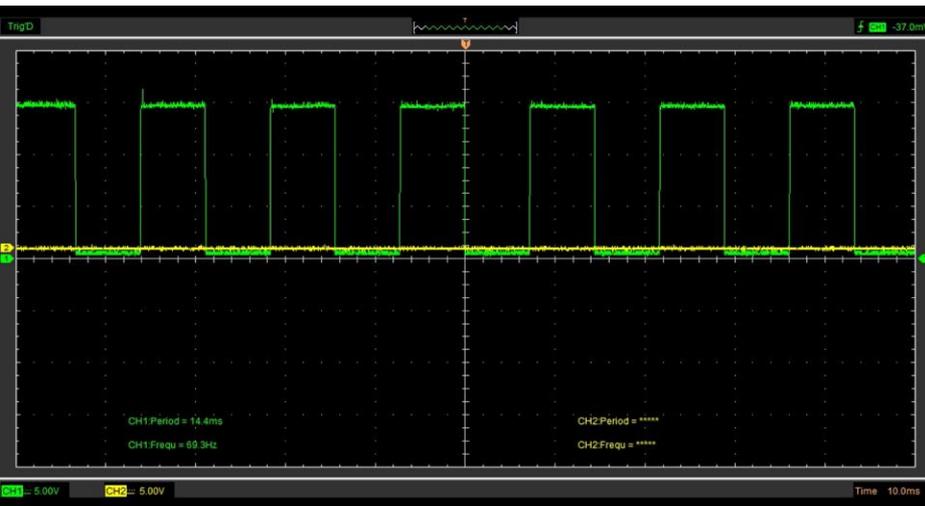
**Señal de
velocidad del
vehículo**

**Señal de
posición de la
palanca de
cambios**

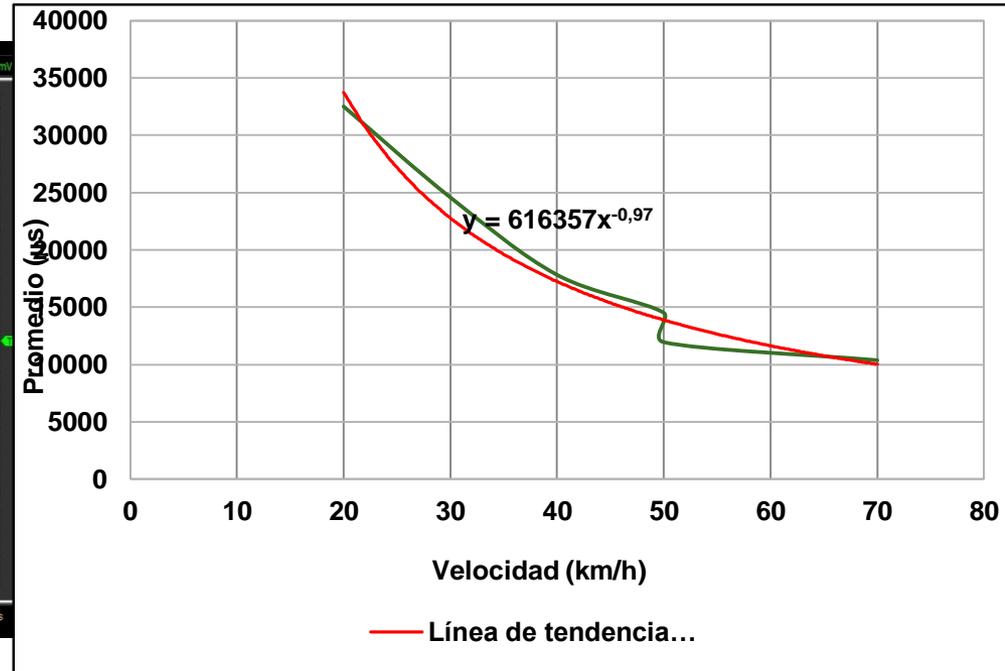
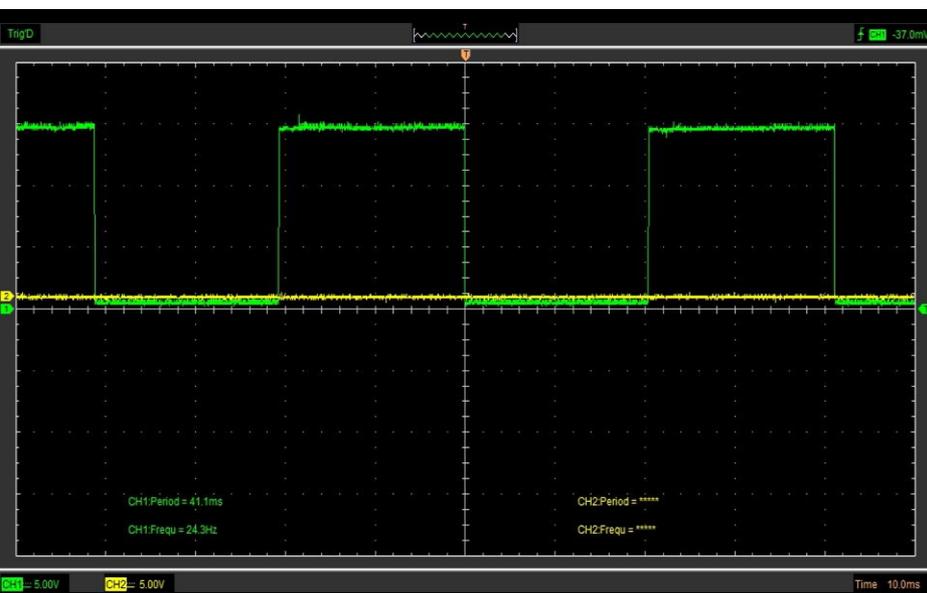
**Señal de
posición del
pedal de
embrague**



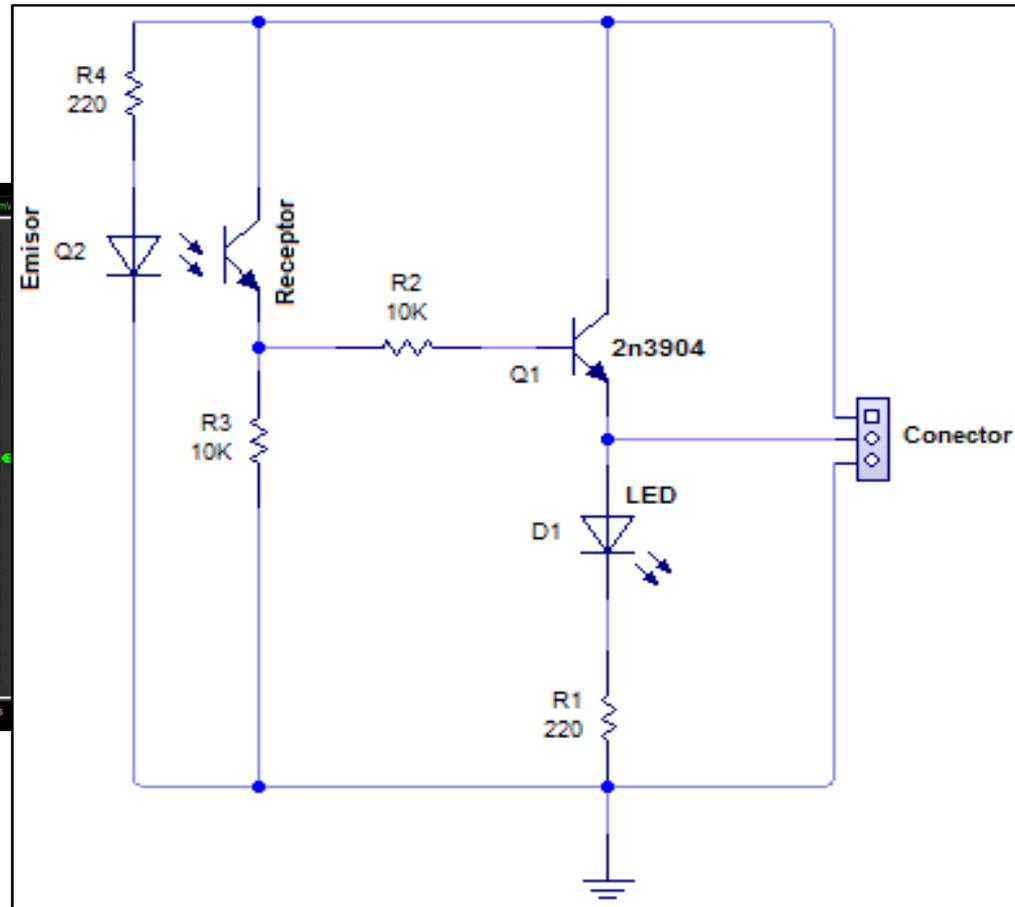
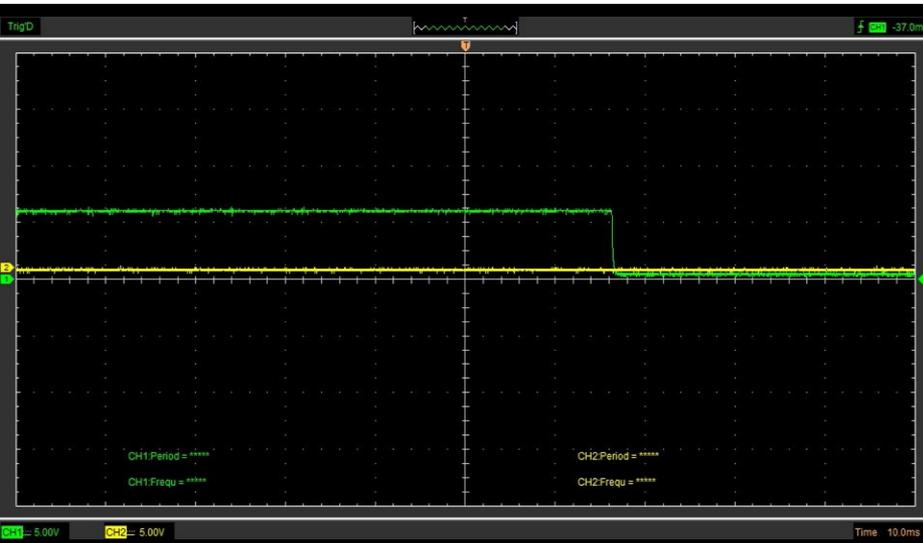
- Señal de velocidad del motor



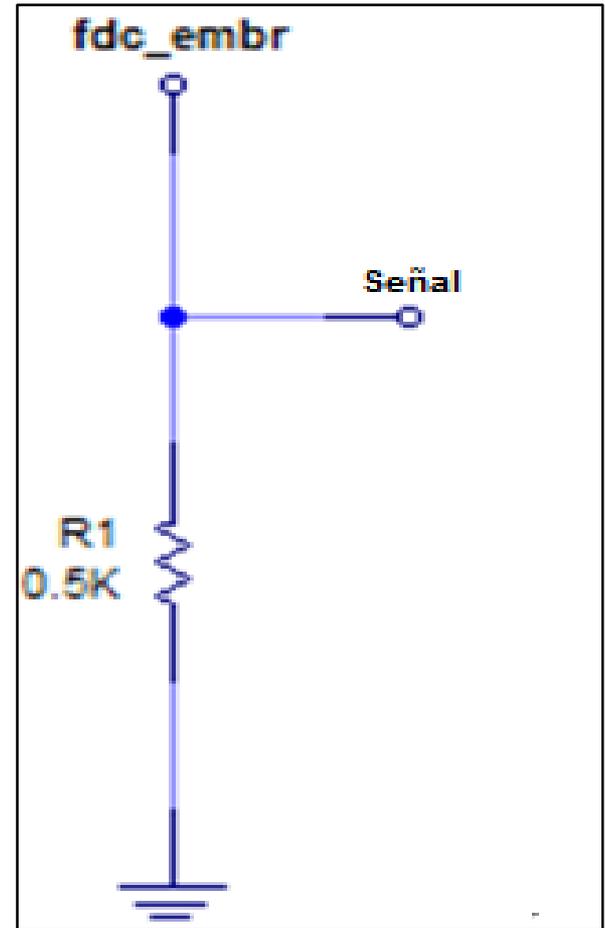
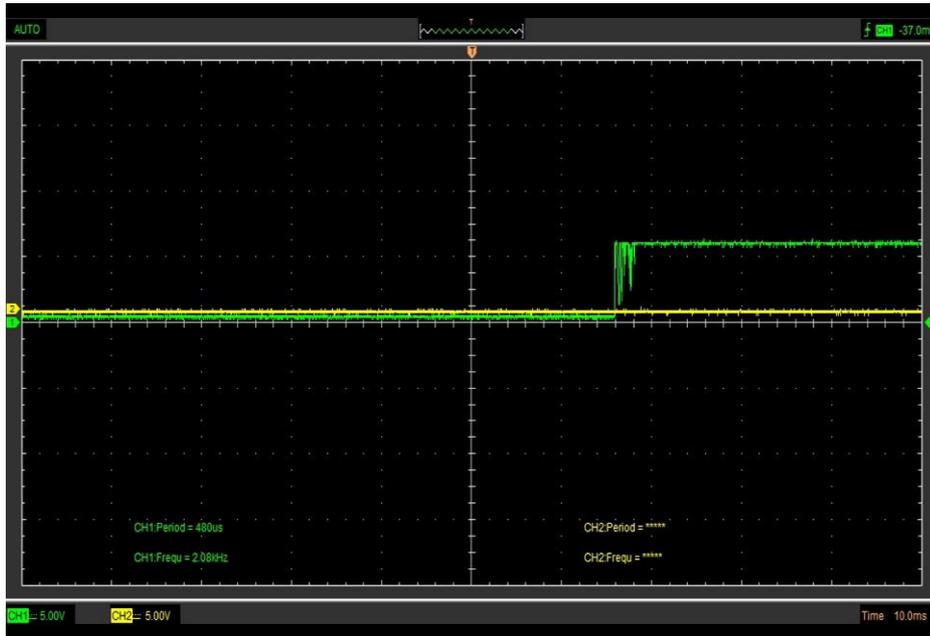
- Señal de velocidad del vehículo



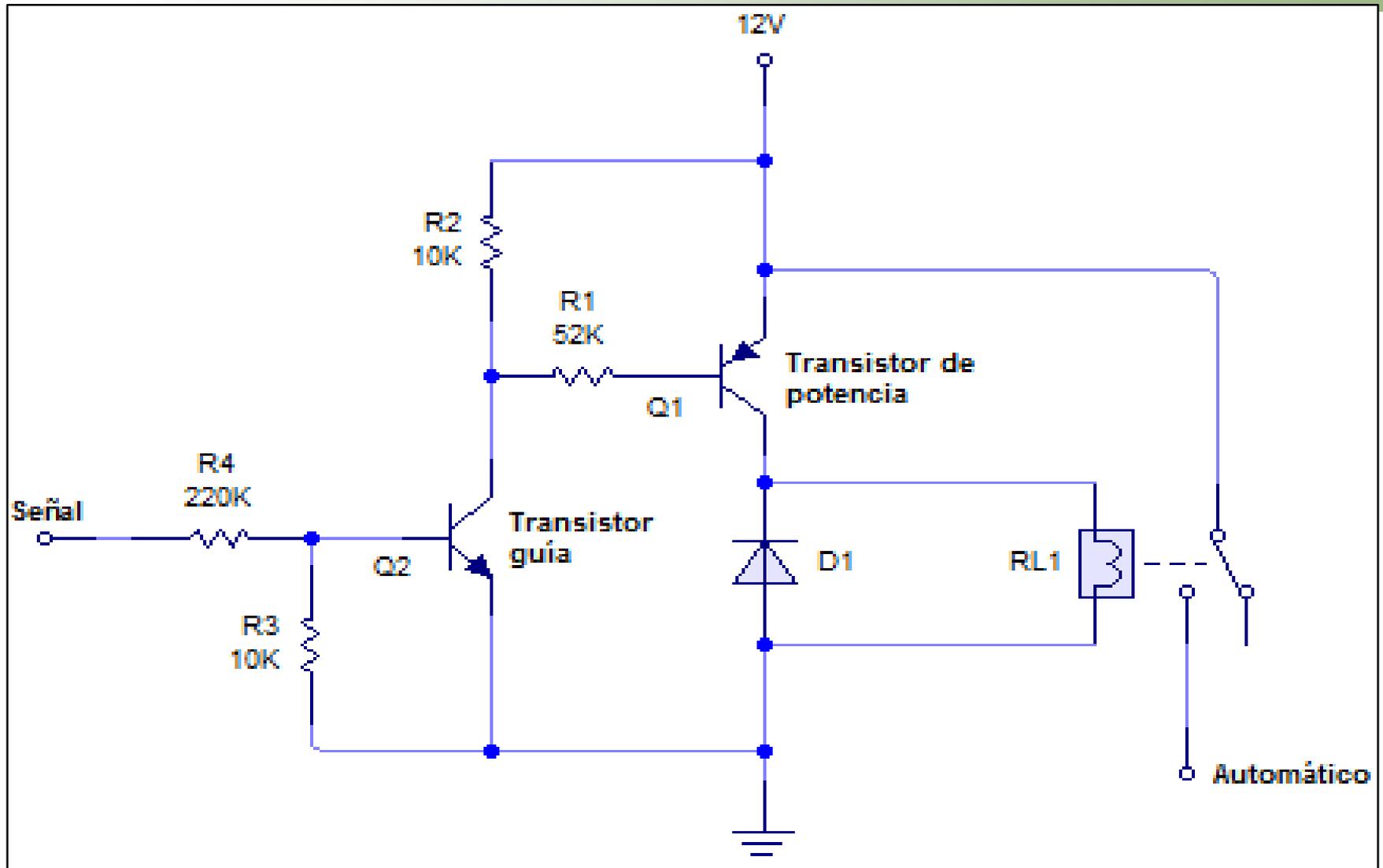
- Señal de posición de la palanca de cambios



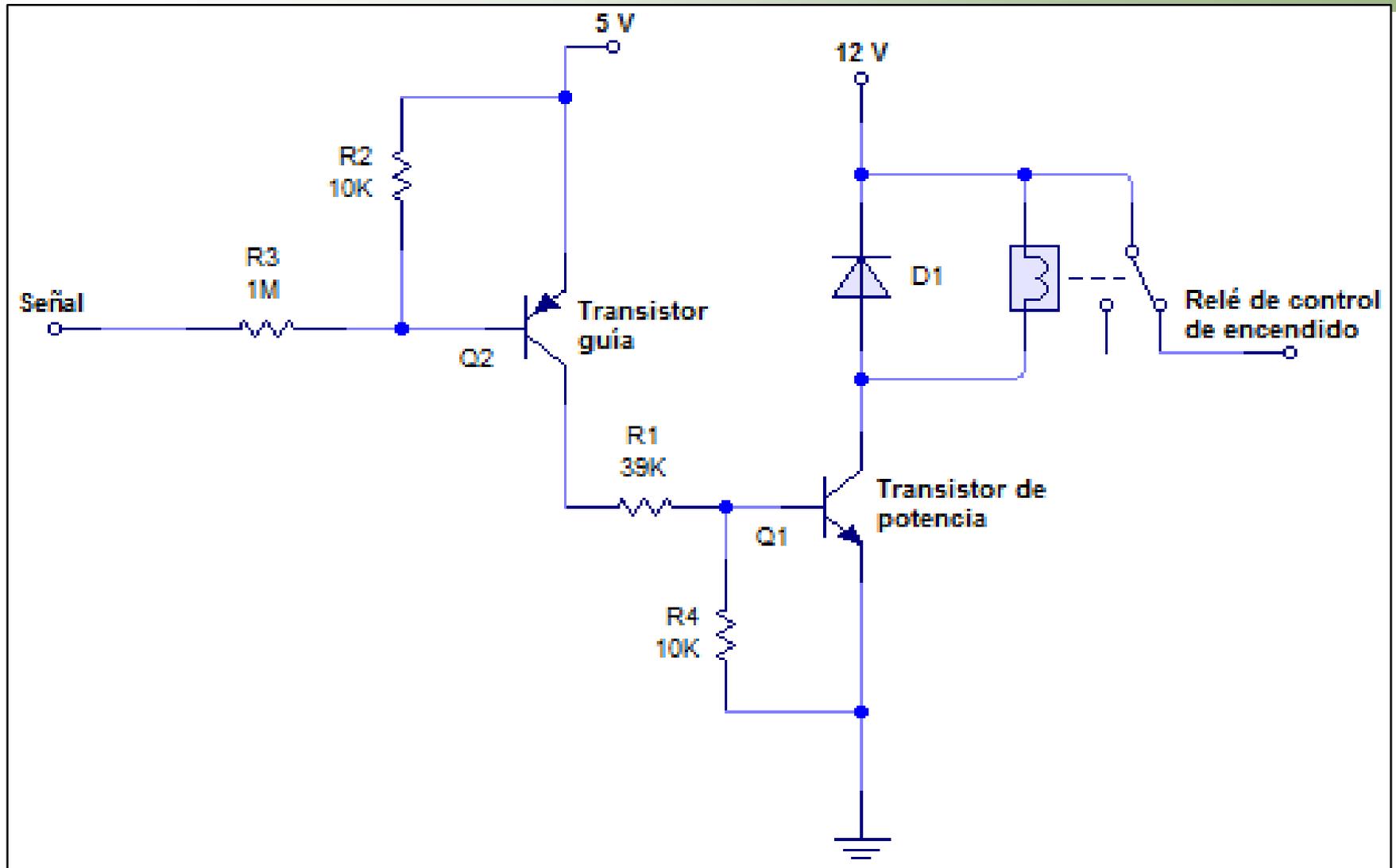
- Señal de posición del pedal de embrague



• Control electrónico de arranque



• Control electrónico de encendido



PROGRAMACIÓN

El programa se encarga de leer el estado de los puertos y escribir el valor en las variables correspondientes. A partir de esta información se activan o desactivan los actuadores, dependiendo de si las condiciones preestablecidas coinciden con los valores almacenados en la memoria.



ESTADO DE LA BATERÍA

VIDA ÚTIL DE LA BATERÍA



Vida de batería



Valor medido (%) 89,0 %

Resultado	Bueno
Sugerencia	Revise bornes y cables

90-100	Excelente	Siga usando
		Revise bornes y cables
60-80	Aceptable	Revise nivel de agua
		Revise densidad y nivel de agua
20-45	Reemplace	Fuera de servicio, reemplace inmediatamente



CAIDA DE TENSIÓN DURANTE EL ARRANQUE



Arranque



Valor medido (V)	10,94 V
------------------	---------

Condición	Buena	■
Sugerencia	Seguir usando	

■	12-10.7V	Buena	Seguir usando
■	10.2-10.7V	Normal	Revisar cables
■	9.6-10.2V	No está bien	Cambiar pronto
■	<9.6V	Mal	Cambiar inmediatamente



CONSUMO DE CORRIENTE



Carga máxima del sistema eléctrico



Valor medido (V)	12,9 V
------------------	--------

Condición	Bien	■
Sugerencia	No necesita revisar	

>12.8V	Bien	No necesita revisar
<12.8V	Mal	Revise alternador y correa de accesorios



PRUEBAS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES

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.



- Consumo de combustible ciclo NEDC**

ESTÁNDAR		
Pruebas	Consumo [lt/km]	Rendimiento [km/gal]
1	0,062	61,317
2	0,070	54,150
3	0,064	58,726
Promedio	0,065	58,064

Start-stop		
Pruebas	Consumo [lt/km]	Rendimiento [km/gal]
1	0,061	62,232
2	0,060	63,175
3	0,058	65,149
Promedio	0,060	63,519



- Consumo de combustible ciclo ruta**

ESTÁNDAR		
Pruebas	Consumo [lt/km]	Rendimiento [km/gal]
1	0,125	30,170
2	0,102	36,949
3	0,104	36,222
Promedio	0,111	34,447

Start-stop		
Pruebas	Consumo [lt/km]	Rendimiento [km/gal]
1	0,101	37,531
2	0,095	39,791
3	0,098	38,702
Promedio	0,098	38,674



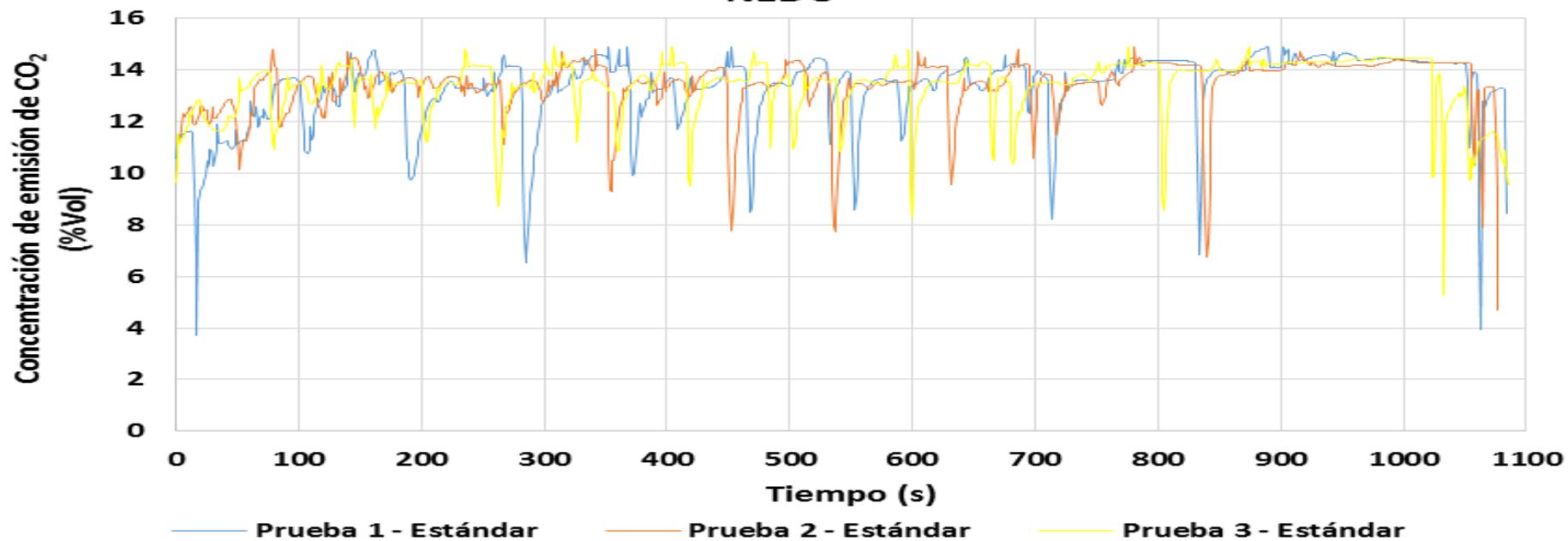
- Emisiones de gases ciclo NEDC**

ESTÁNDAR					
Pruebas	CO2[%]	CO[%]	HC[ppm]	O2[%]	NOx[ppm]
1	13,298	0,521	185,471	1,157	430,602
2	13,418	0,353	166,931	1,021	509,684
3	13,375	0,243	79,991	1,282	503,063
Promedio	13,364	0,372	144,131	1,154	481,116

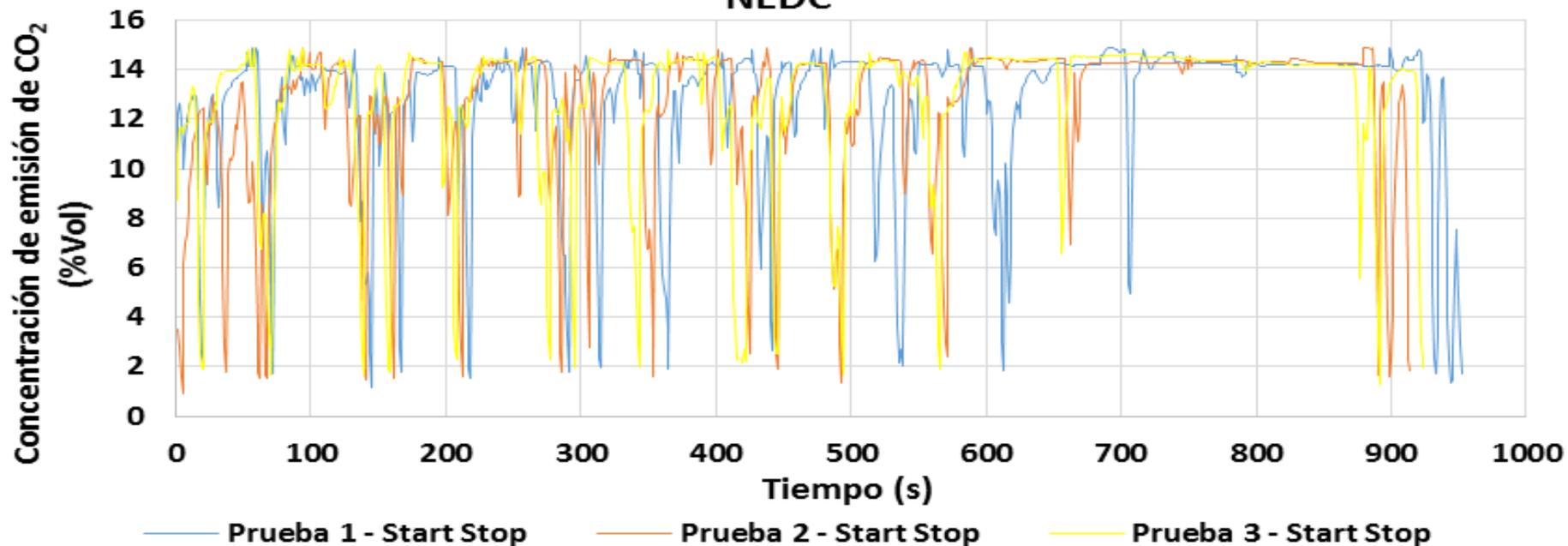
Start-stop					
Pruebas	CO2[%]	CO[%]	HC[ppm]	O2[%]	NOx[ppm]
1	12,716	0,275	129,457	2,257	1125,347
2	12,572	0,333	195,362	2,446	1080,403
3	12,722	0,340	162,897	2,247	1340,330
Promedio	12,670	0,316	162,572	2,317	1182,026

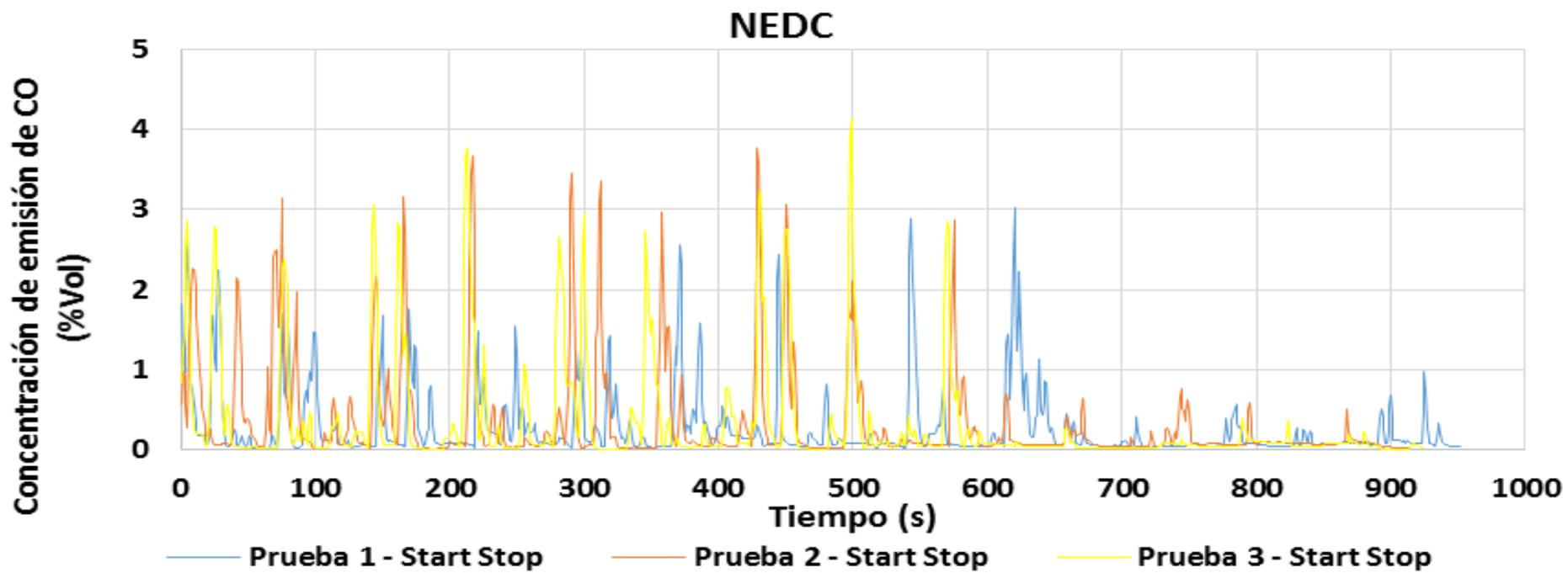
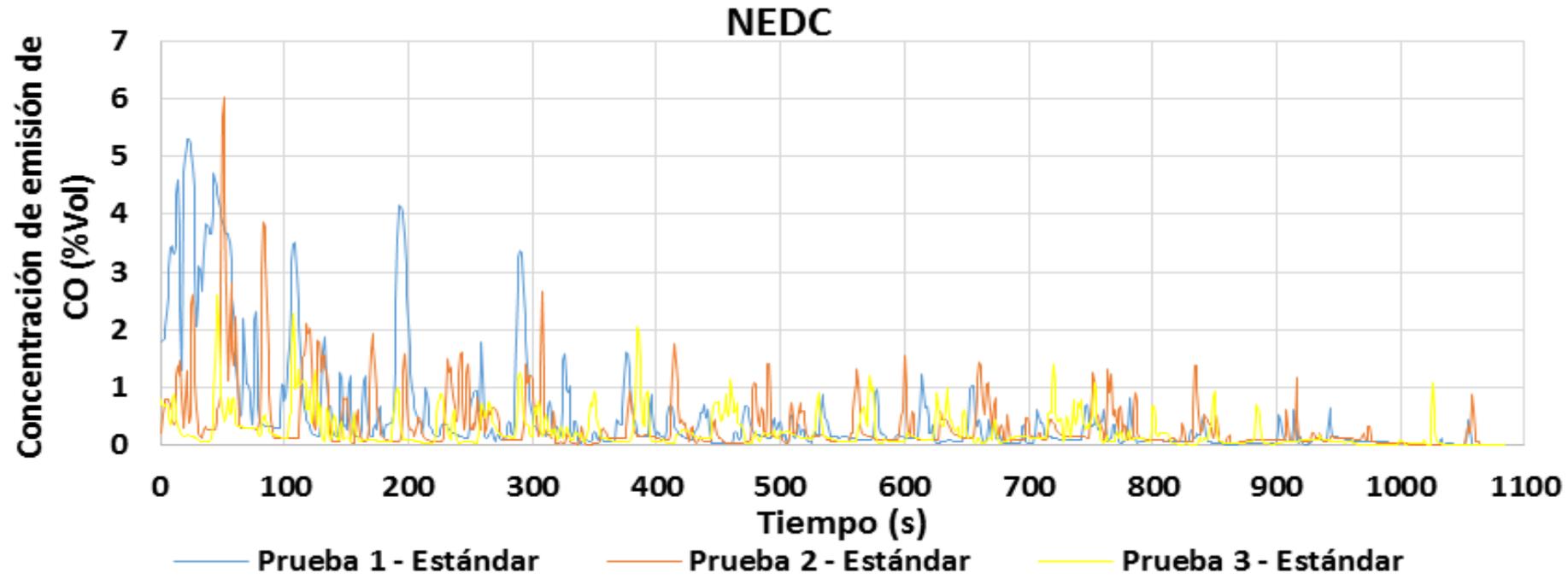


NEDC

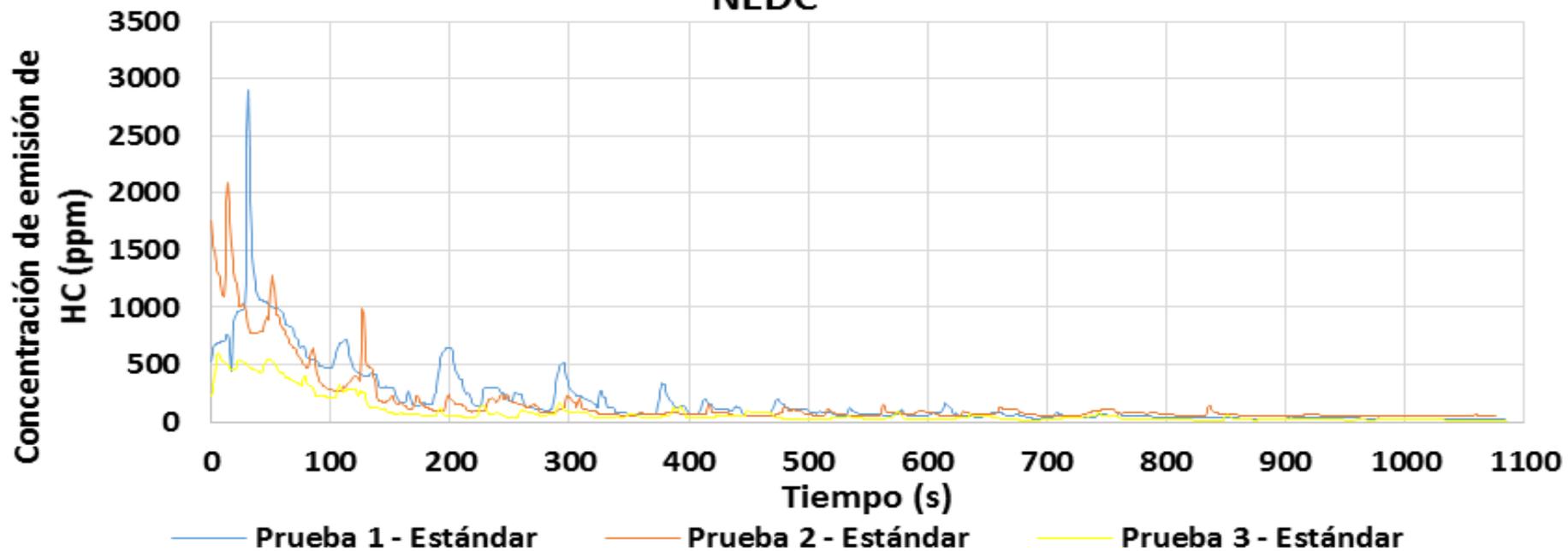


NEDC

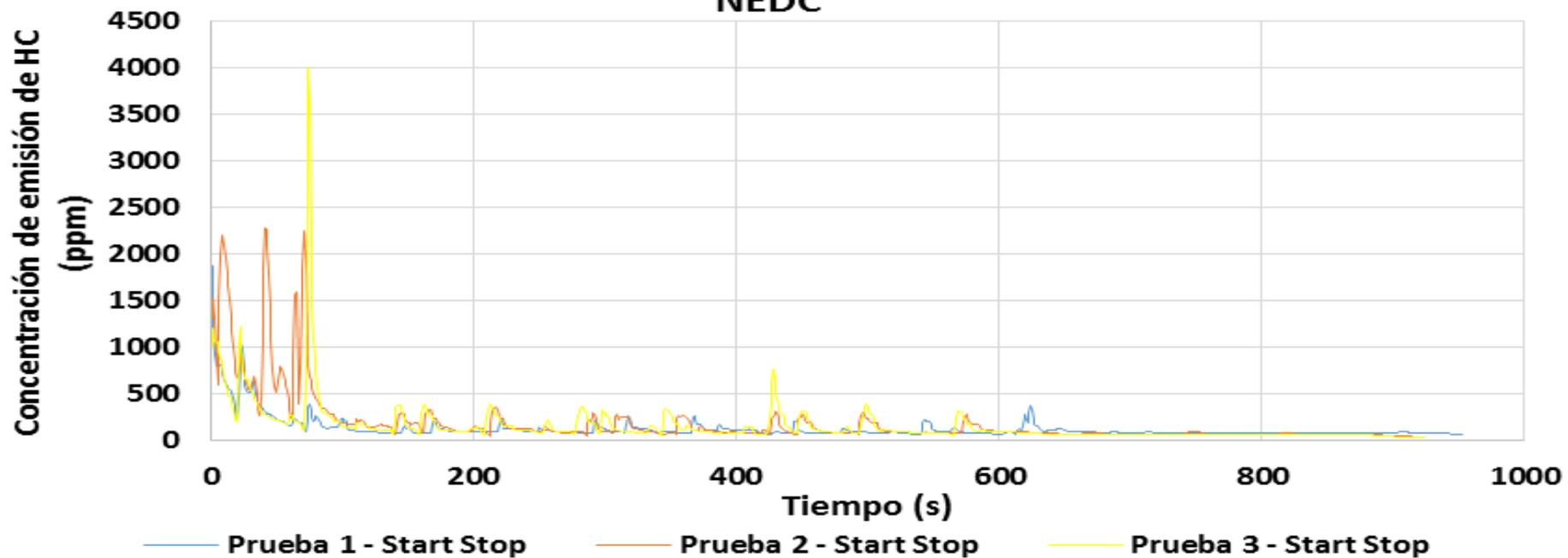


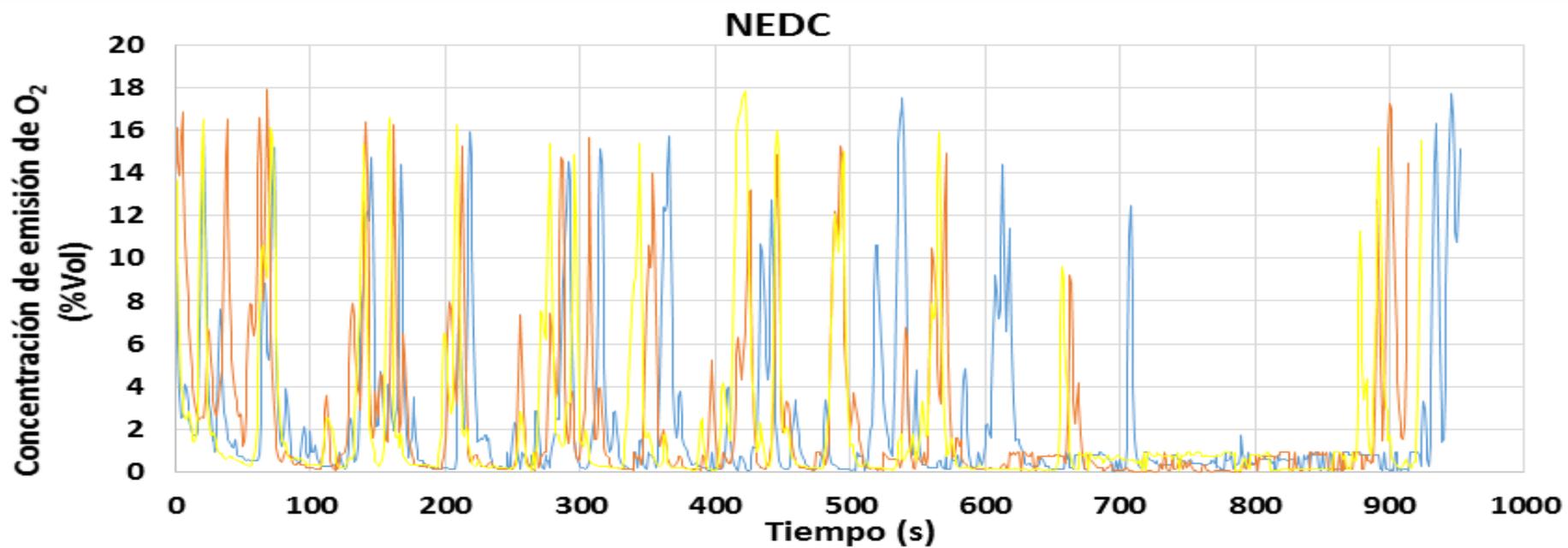
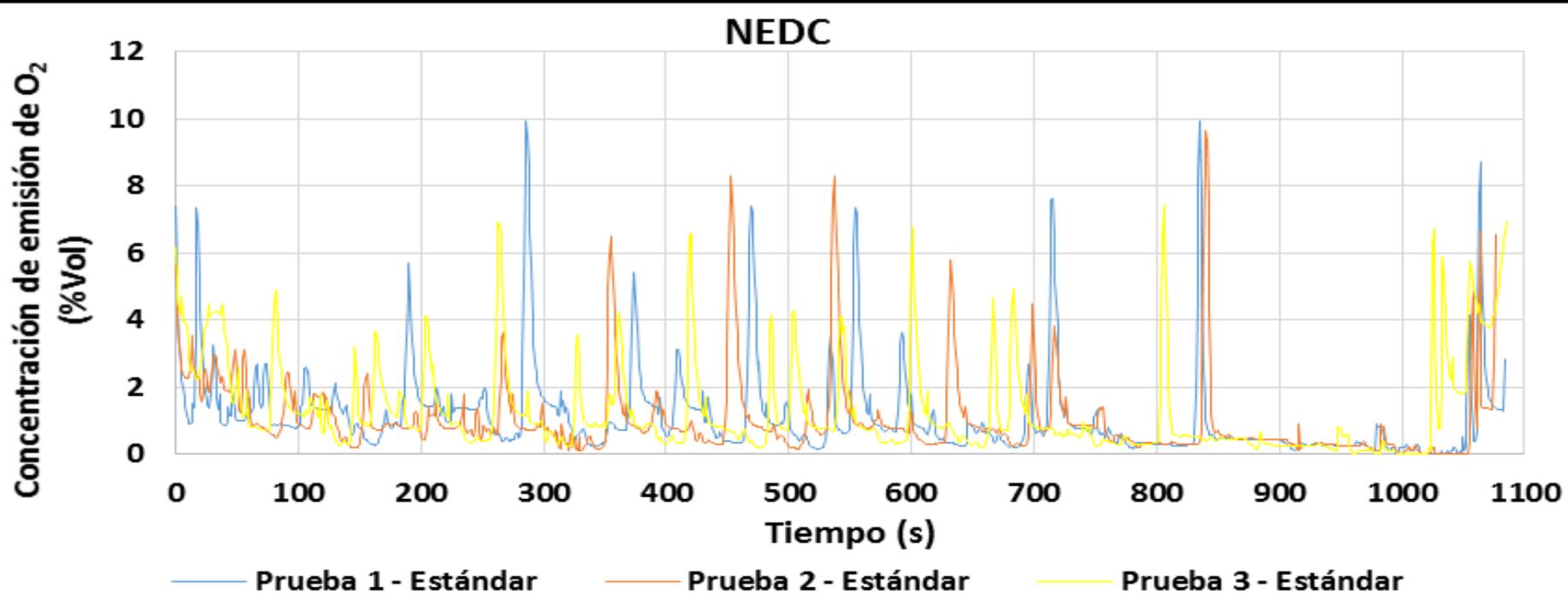


NEDC

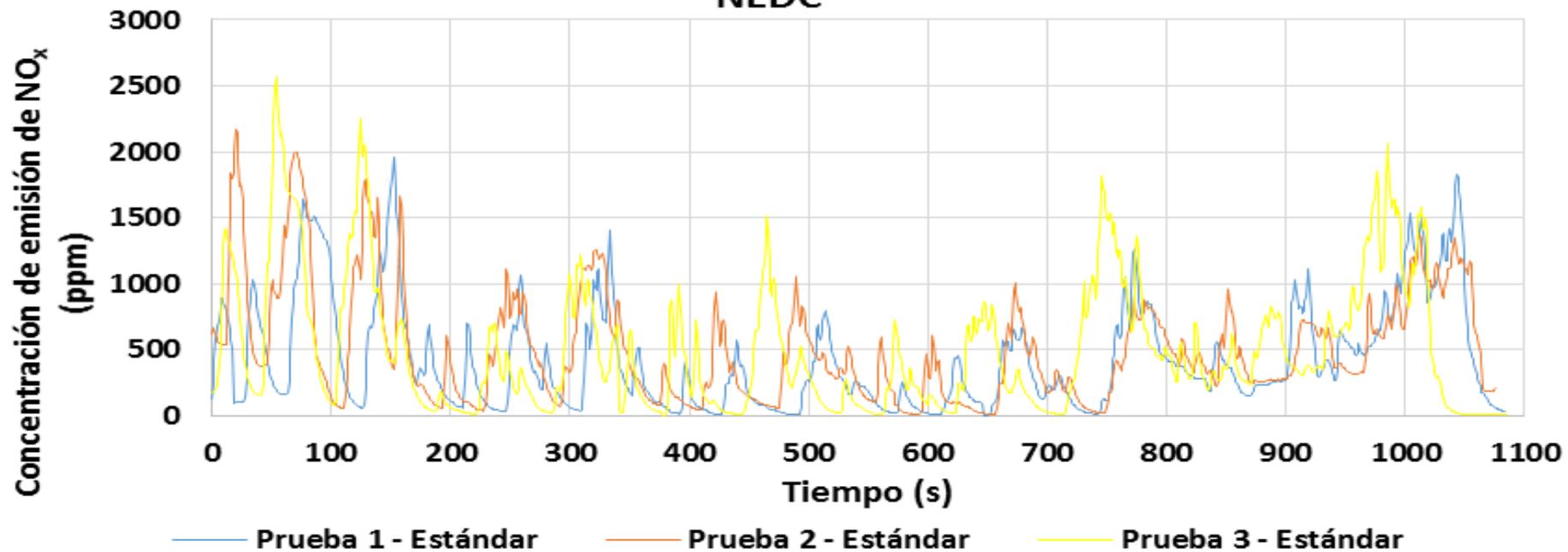


NEDC

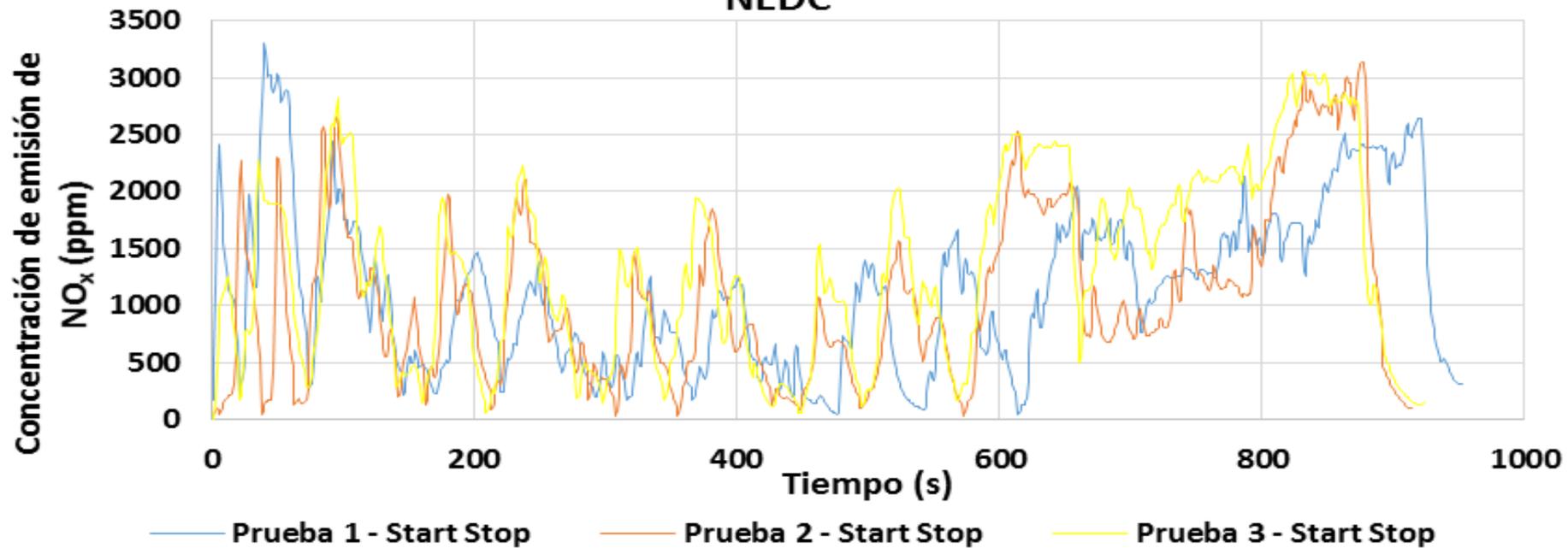




NEDC



NEDC



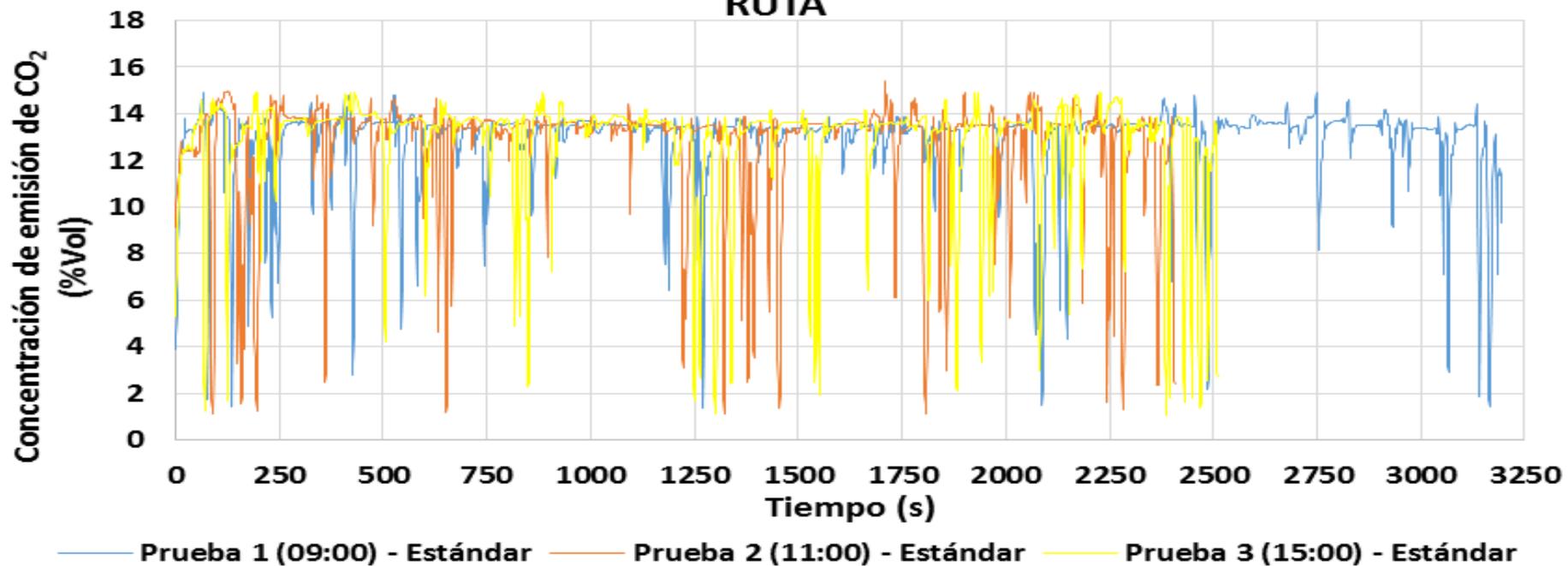
- Emisiones de gases ciclo ruta**

ESTÁNDAR					
Pruebas	CO2[%]	CO[%]	HC[ppm]	O2[%]	NOx[ppm]
1	12,867	0,330	109,896	1,600	220,257
2	12,582	0,291	85,210	2,265	317,655
3	12,686	0,292	84,875	2,212	327,283
Promedio	12,712	0,305	93,327	2,026	288,398

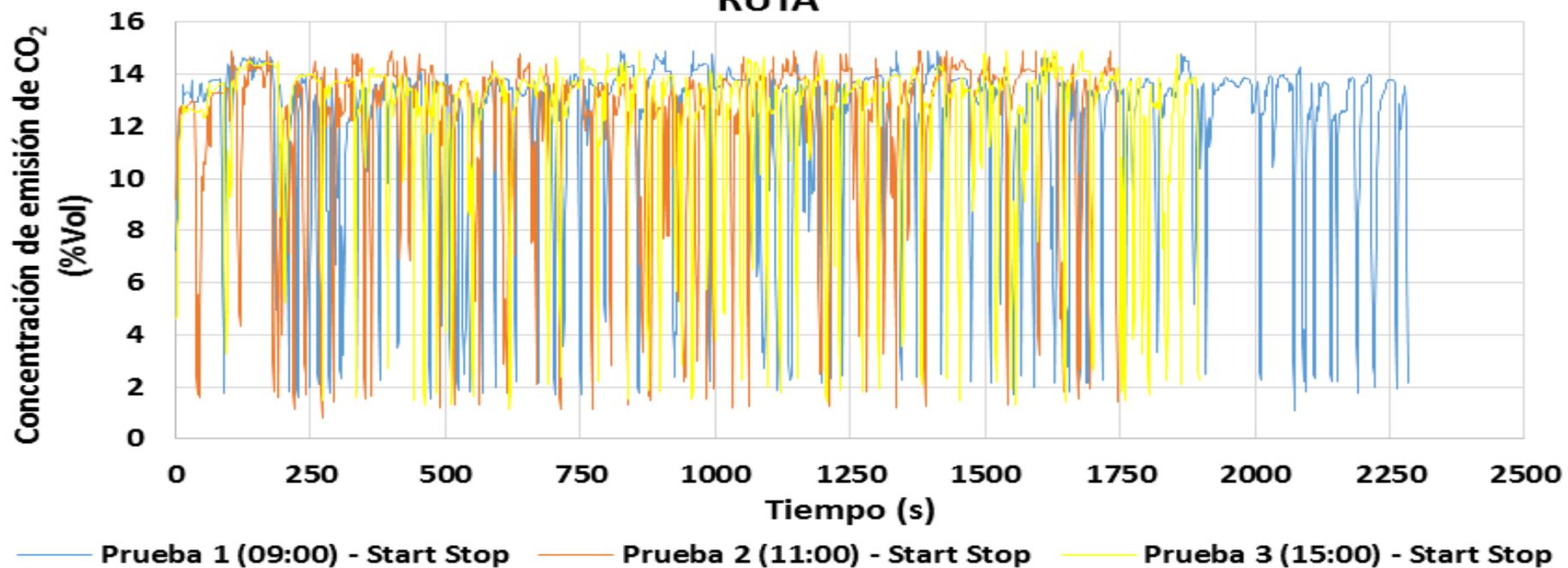
Start-stop					
Pruebas	CO2[%]	CO[%]	HC[ppm]	O2[%]	NOx[ppm]
1	11,960	0,496	229,281	3,022	916,808
2	12,064	0,363	187,686	2,991	1053,667
3	11,857	0,519	221,160	3,052	881,965
Promedio	11,960	0,459	212,709	3,022	950,813



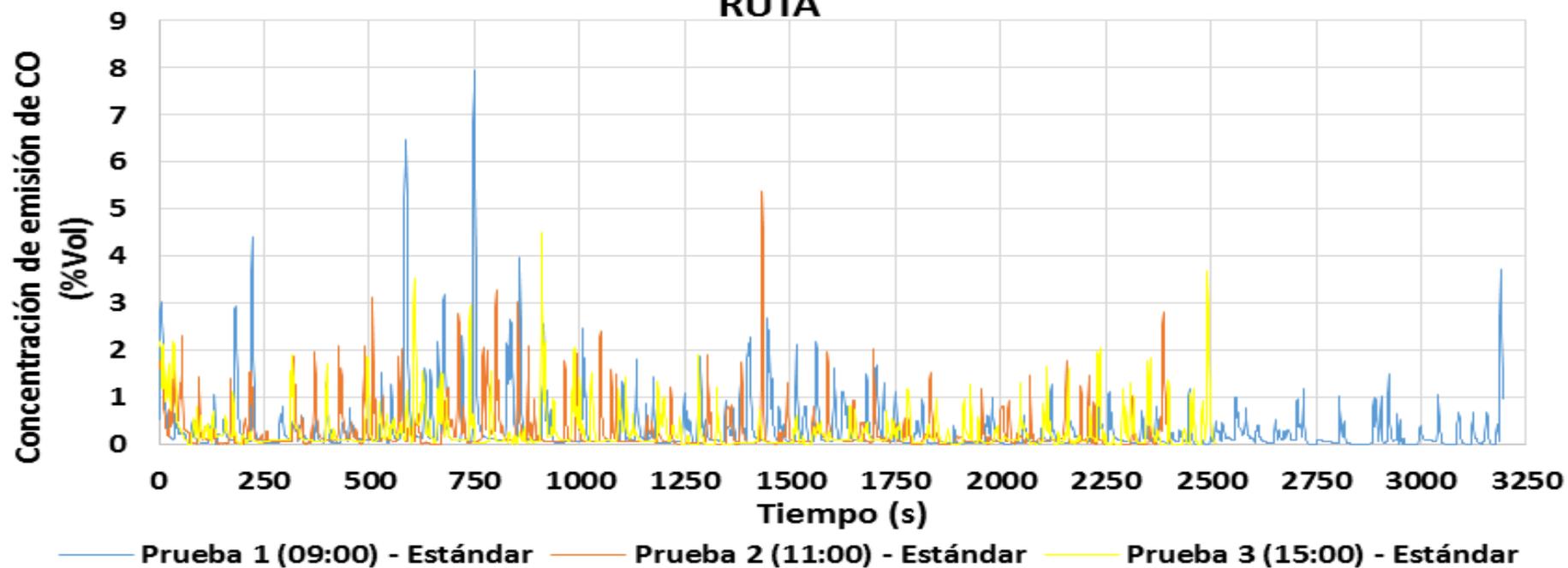
RUTA



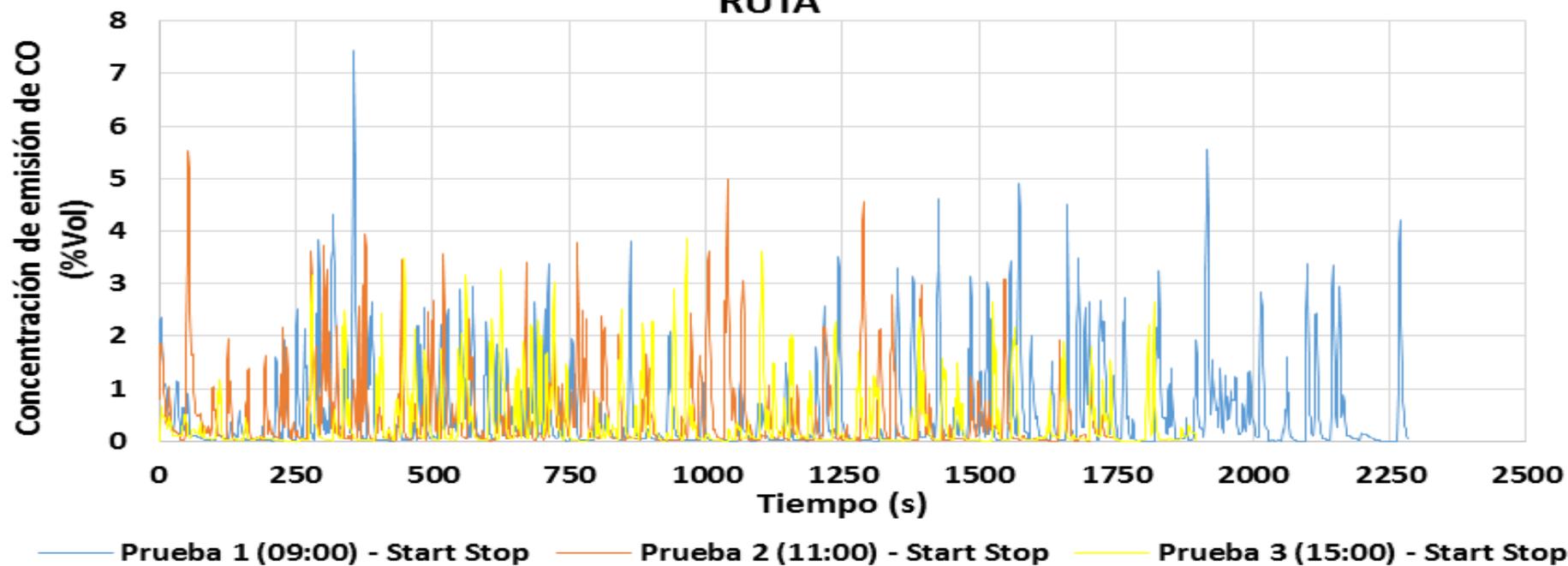
RUTA



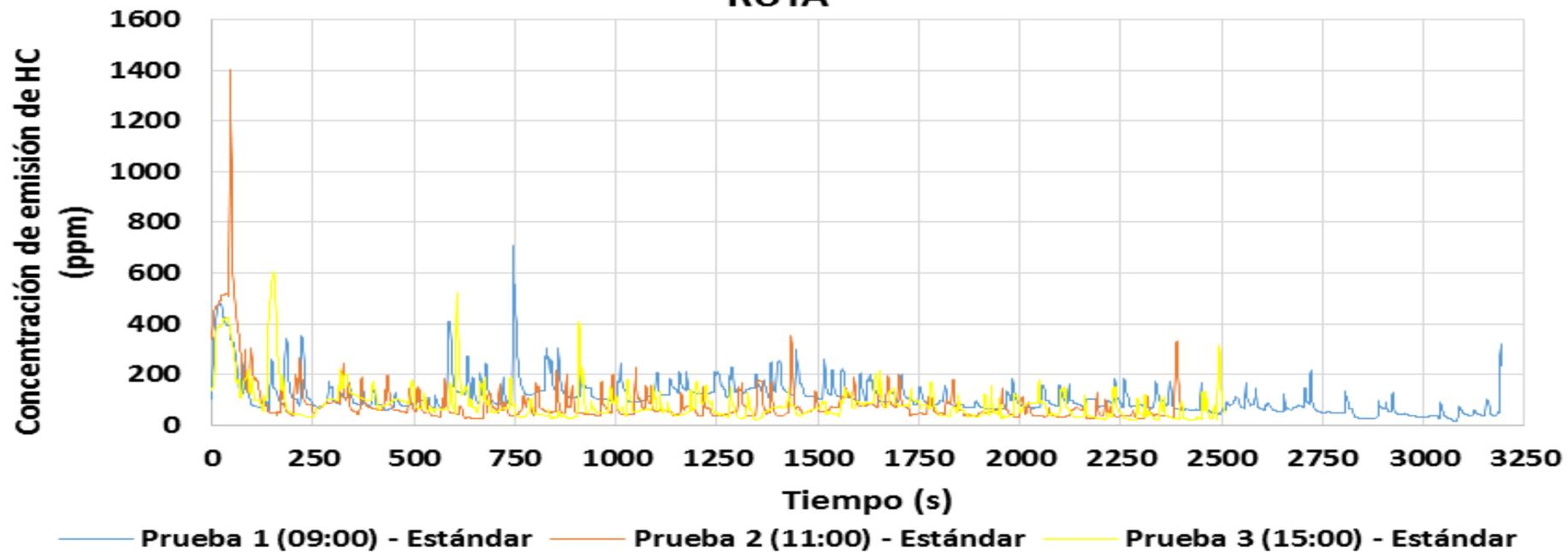
RUTA



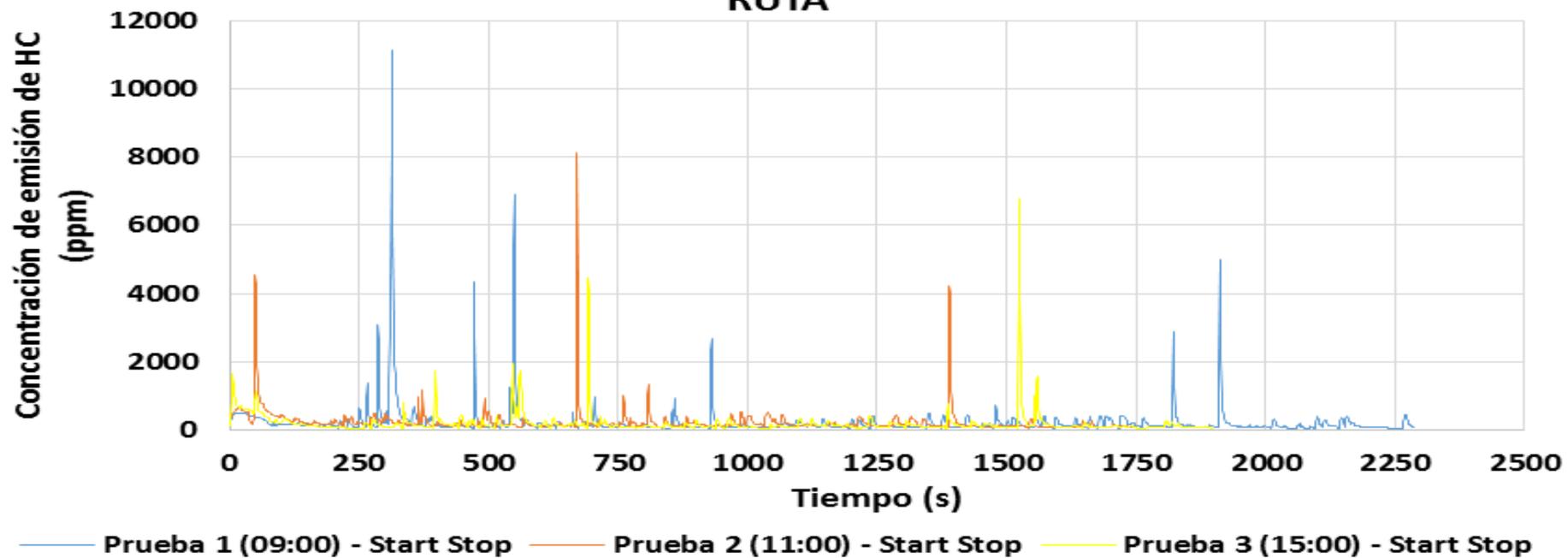
RUTA

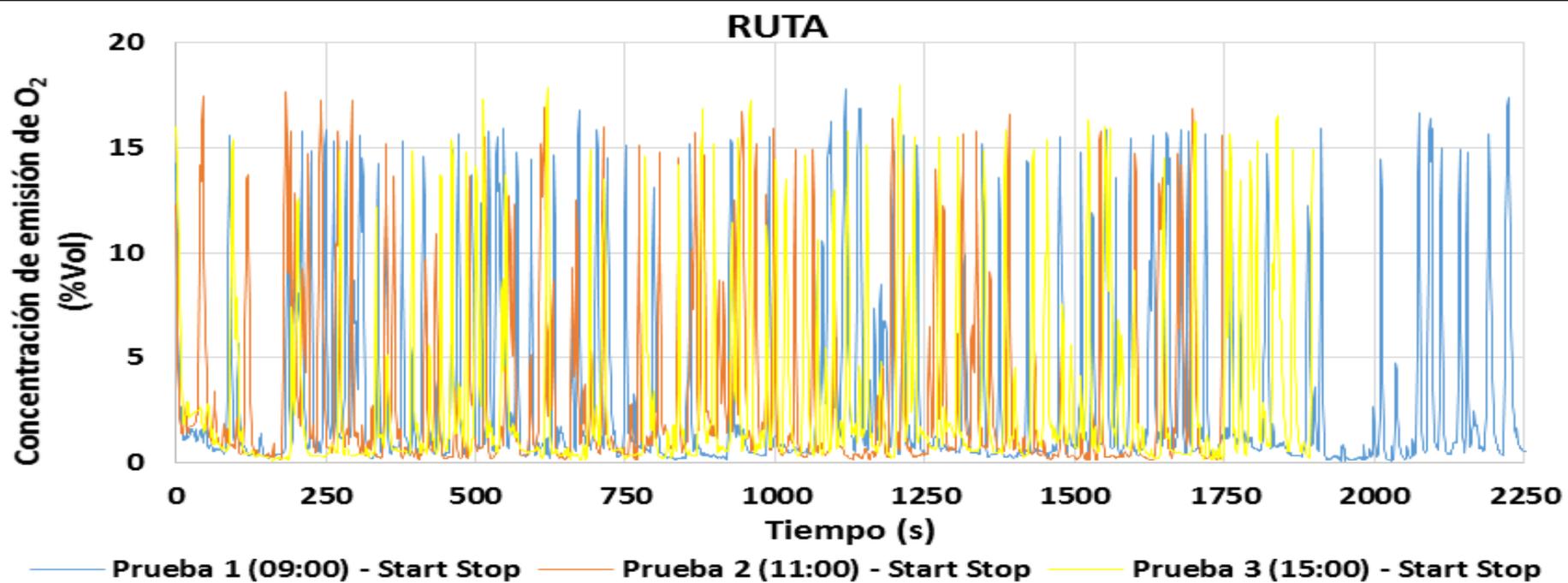
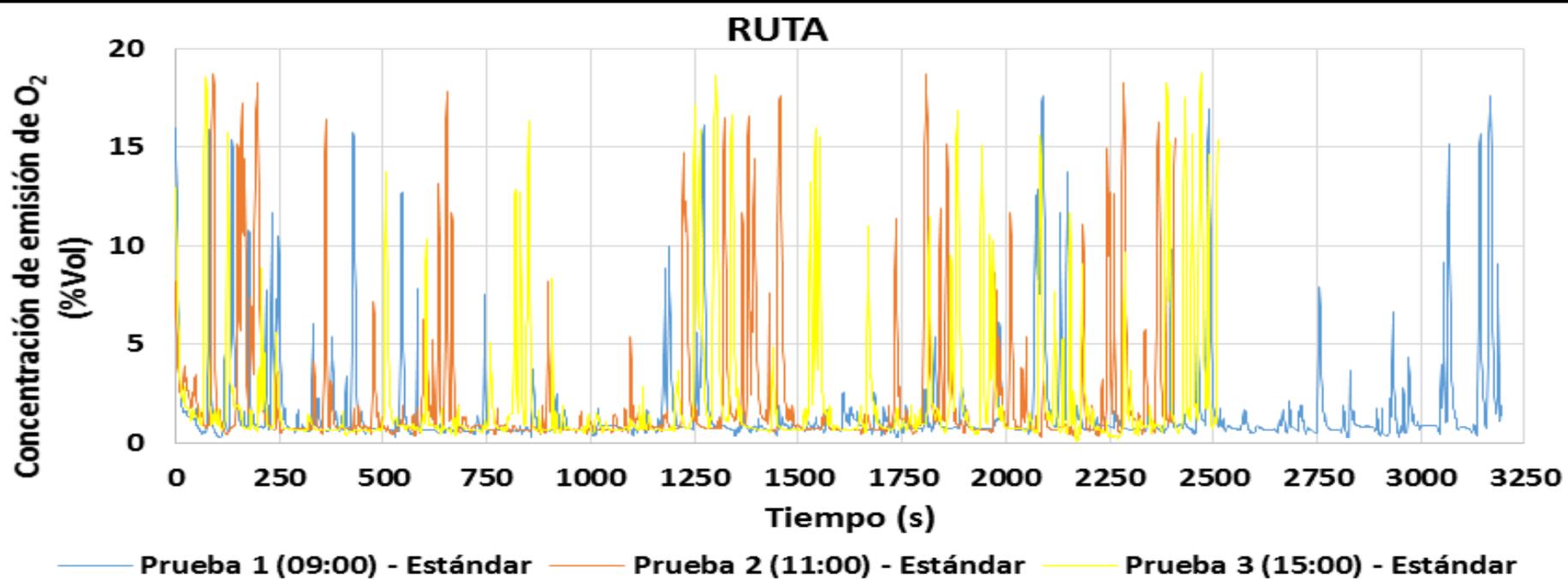


RUTA

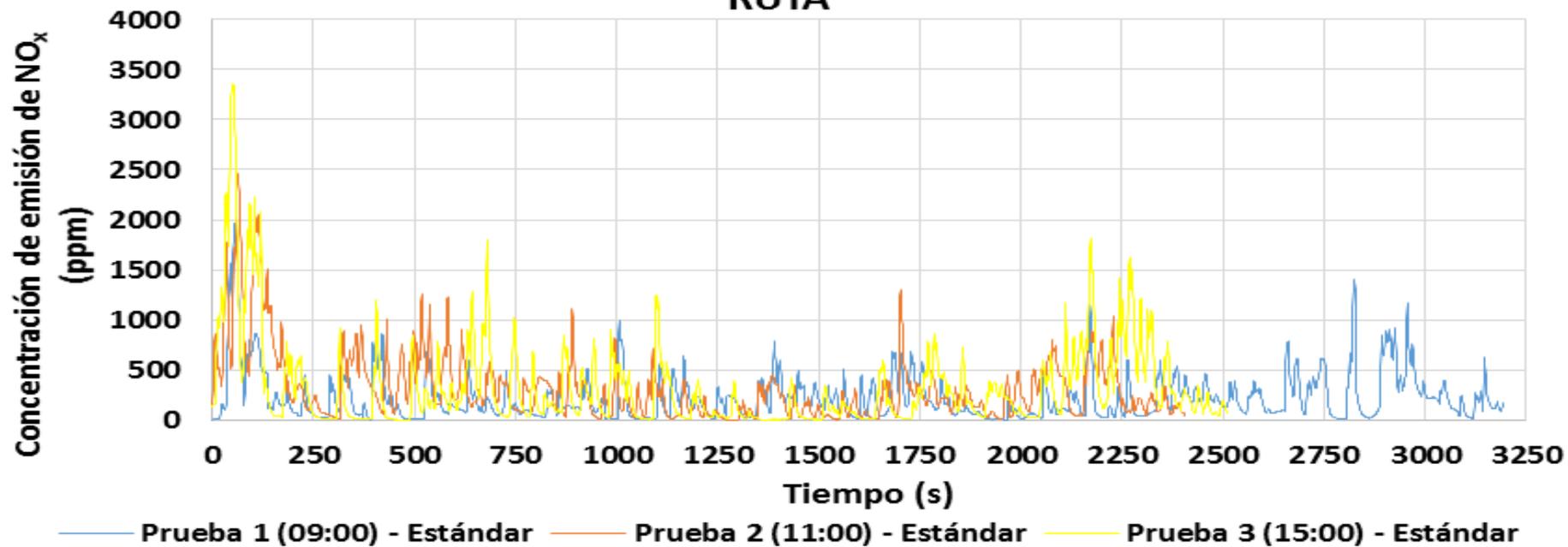


RUTA

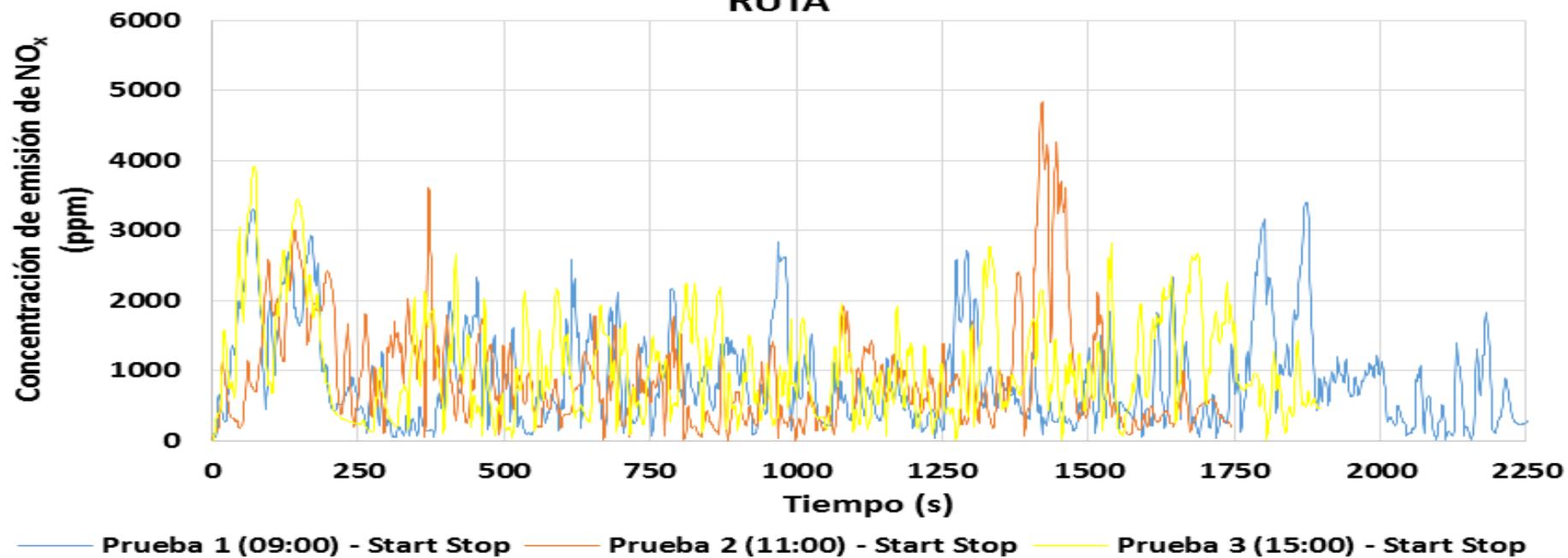




RUTA

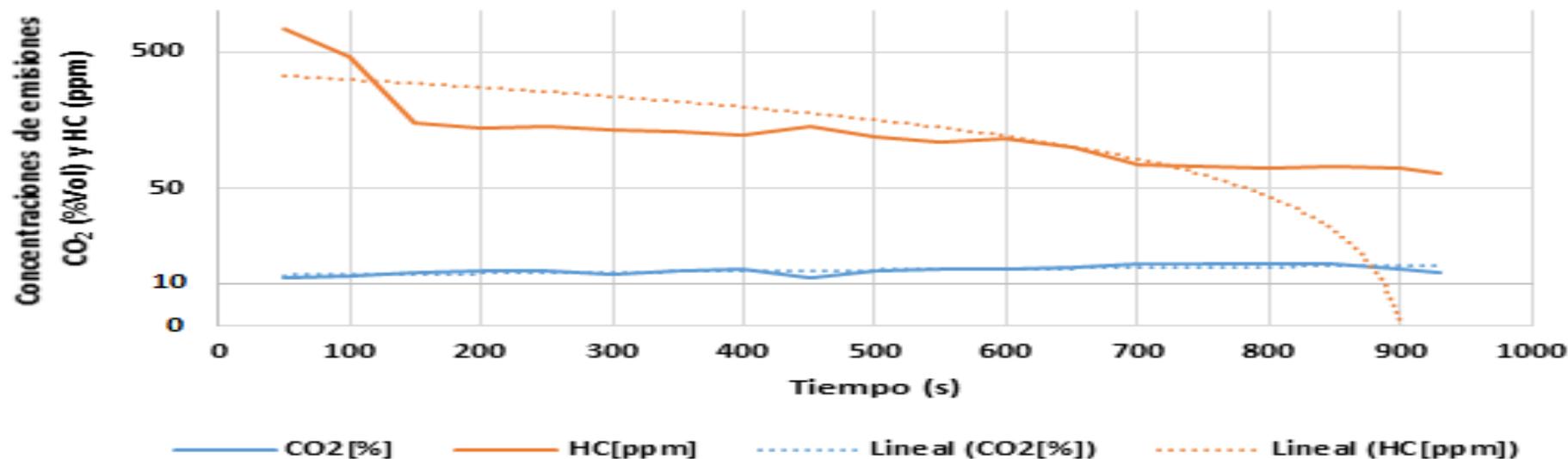
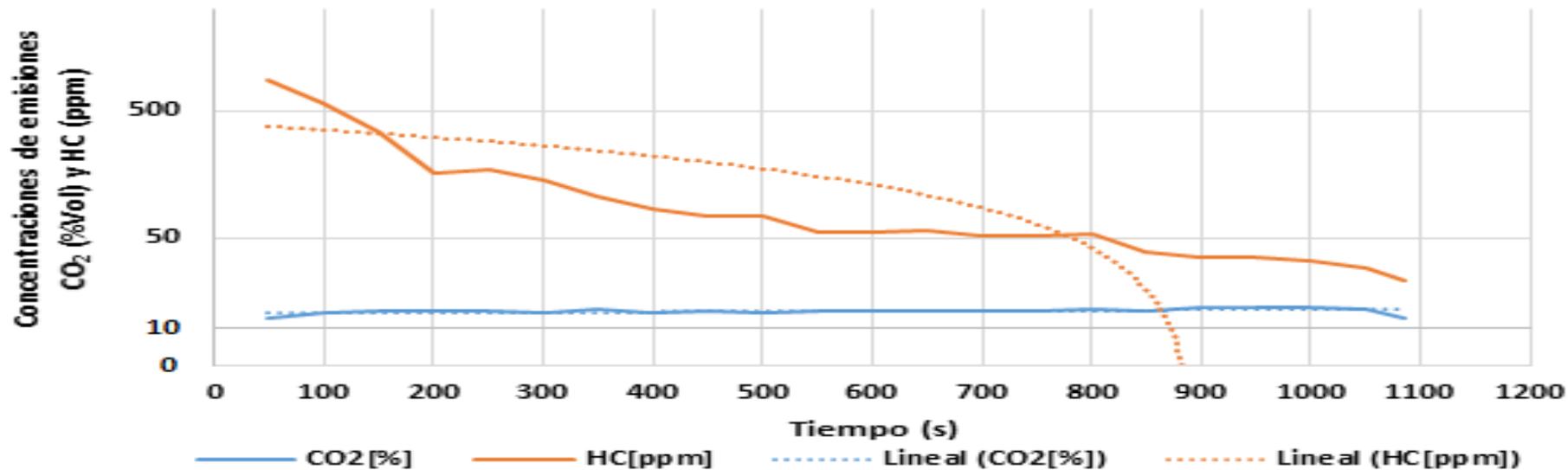


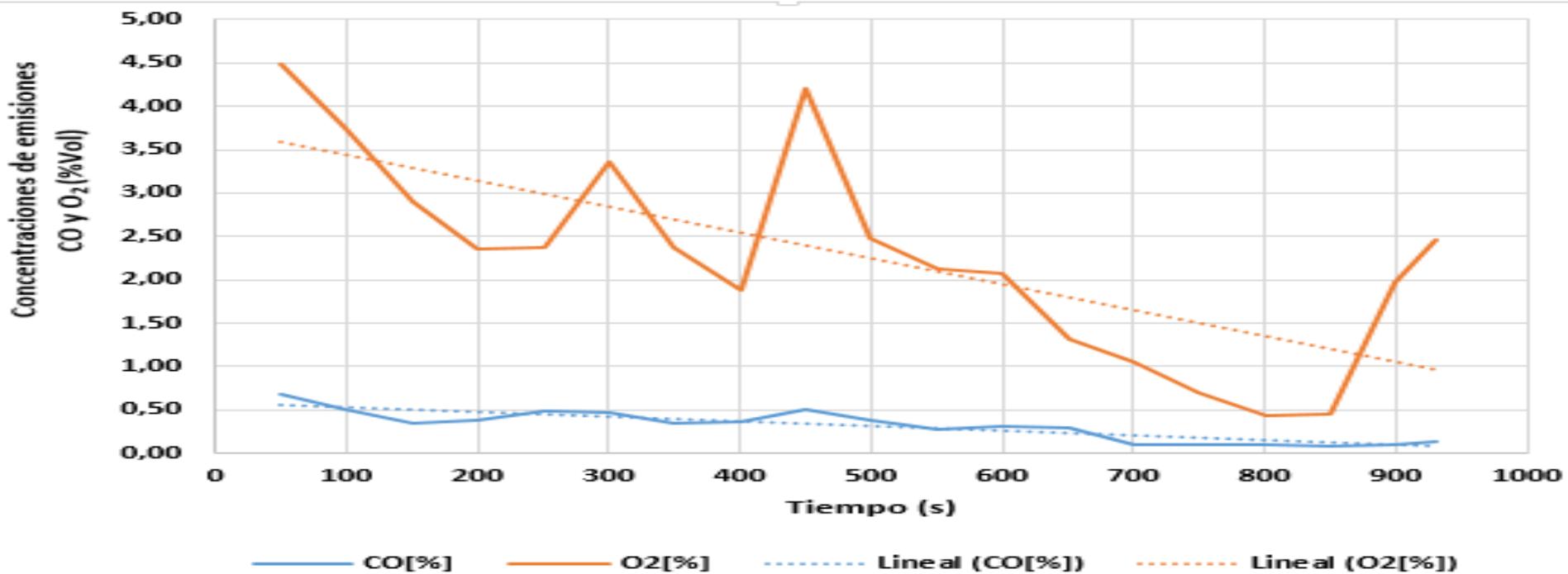
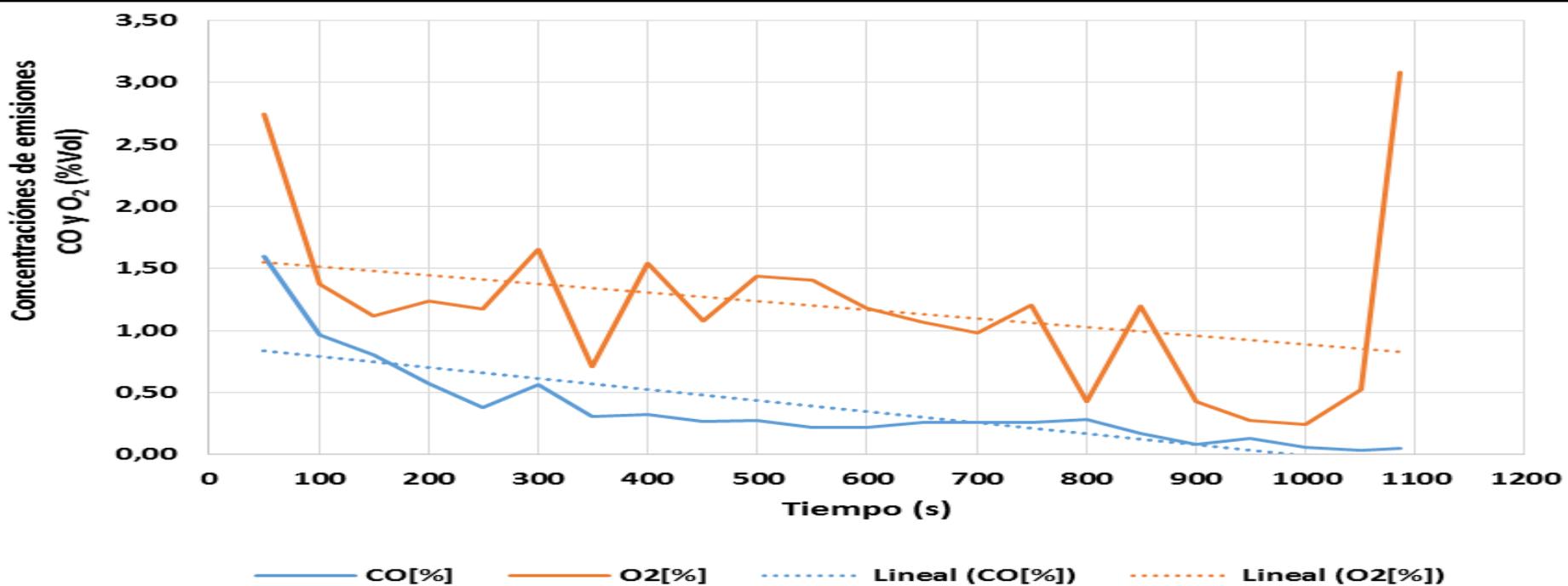
RUTA

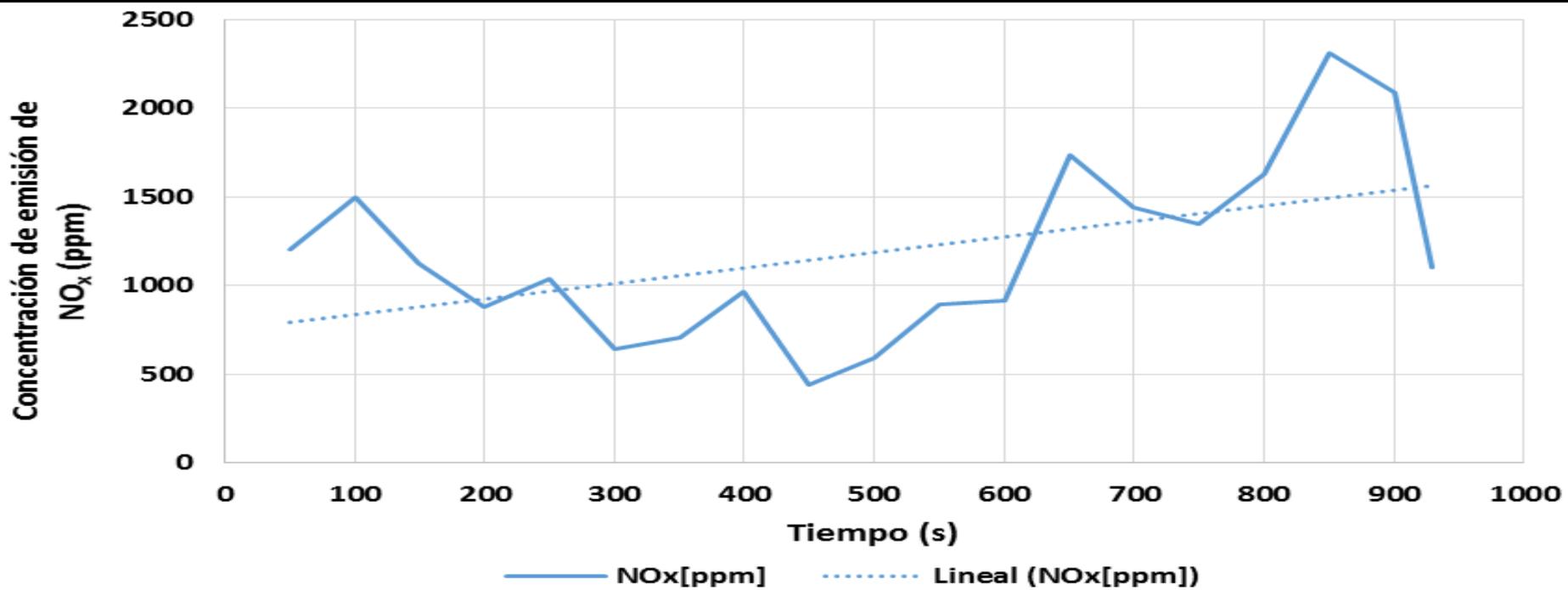
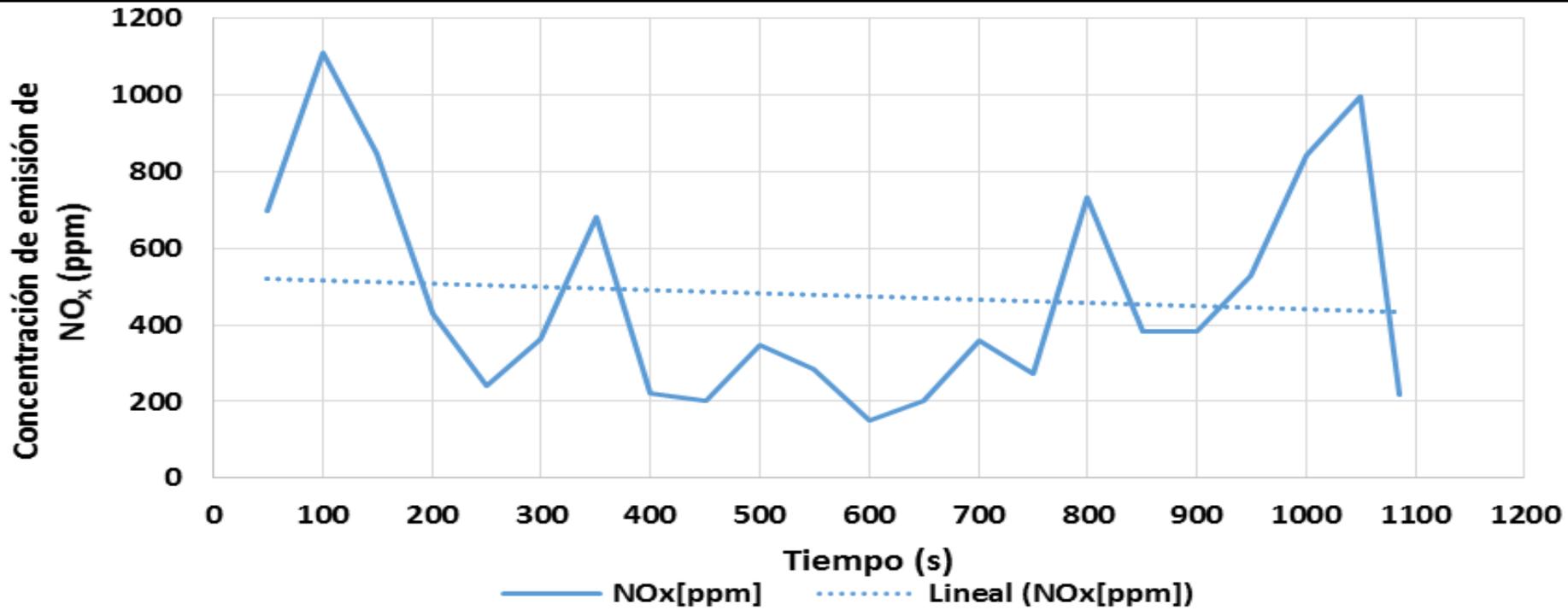


ANÁLISIS DE RESULTADOS

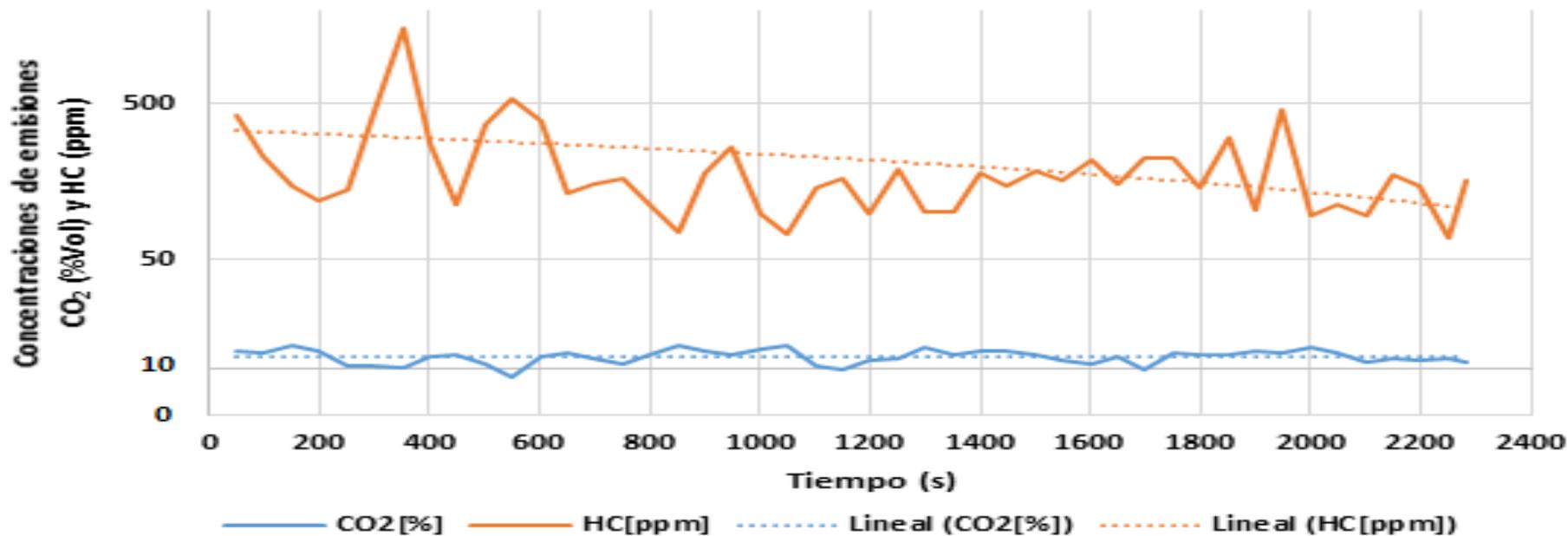
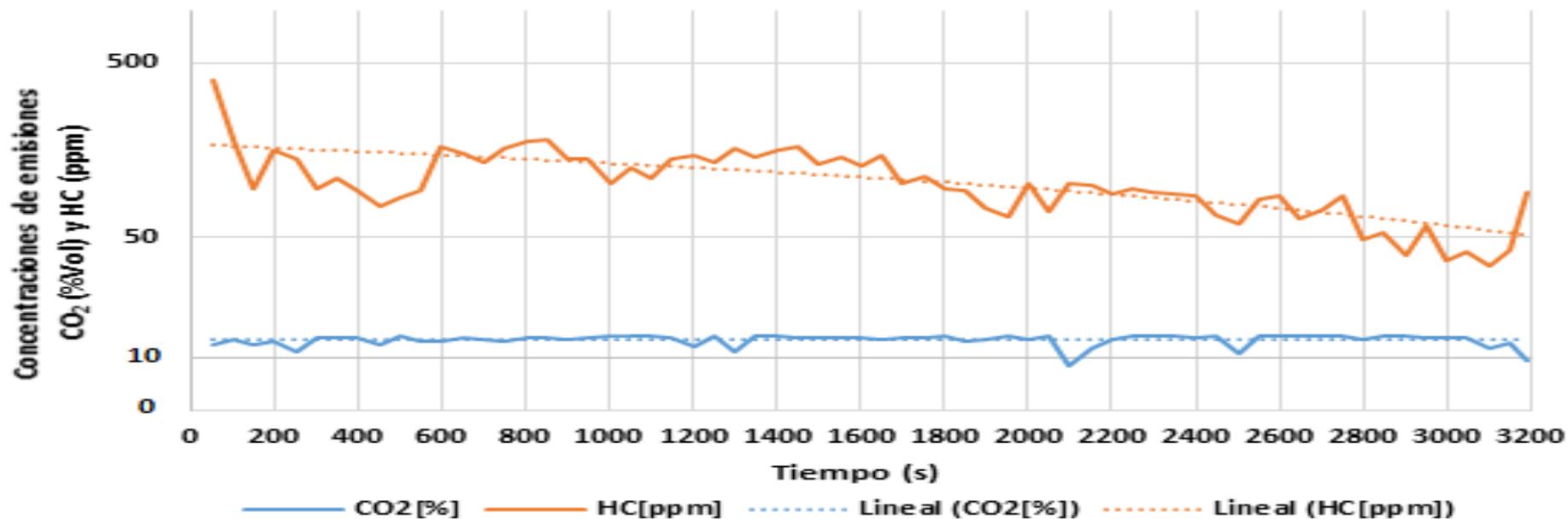
Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo NEDC

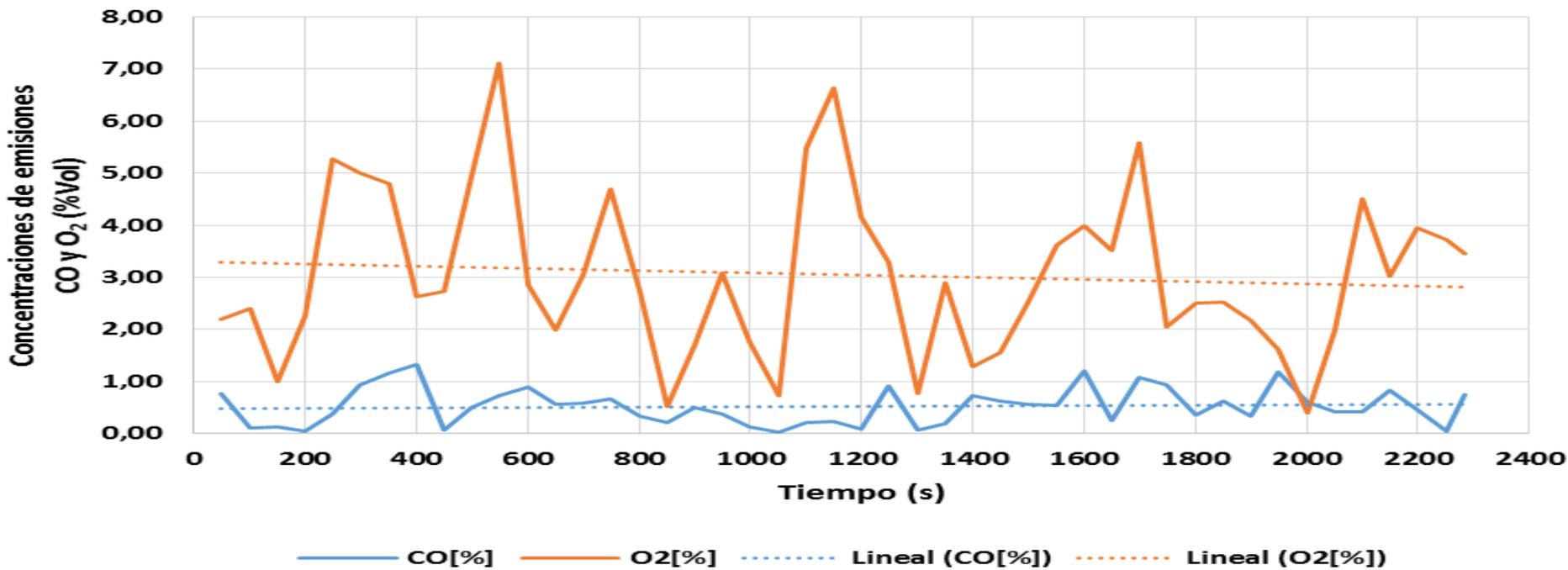
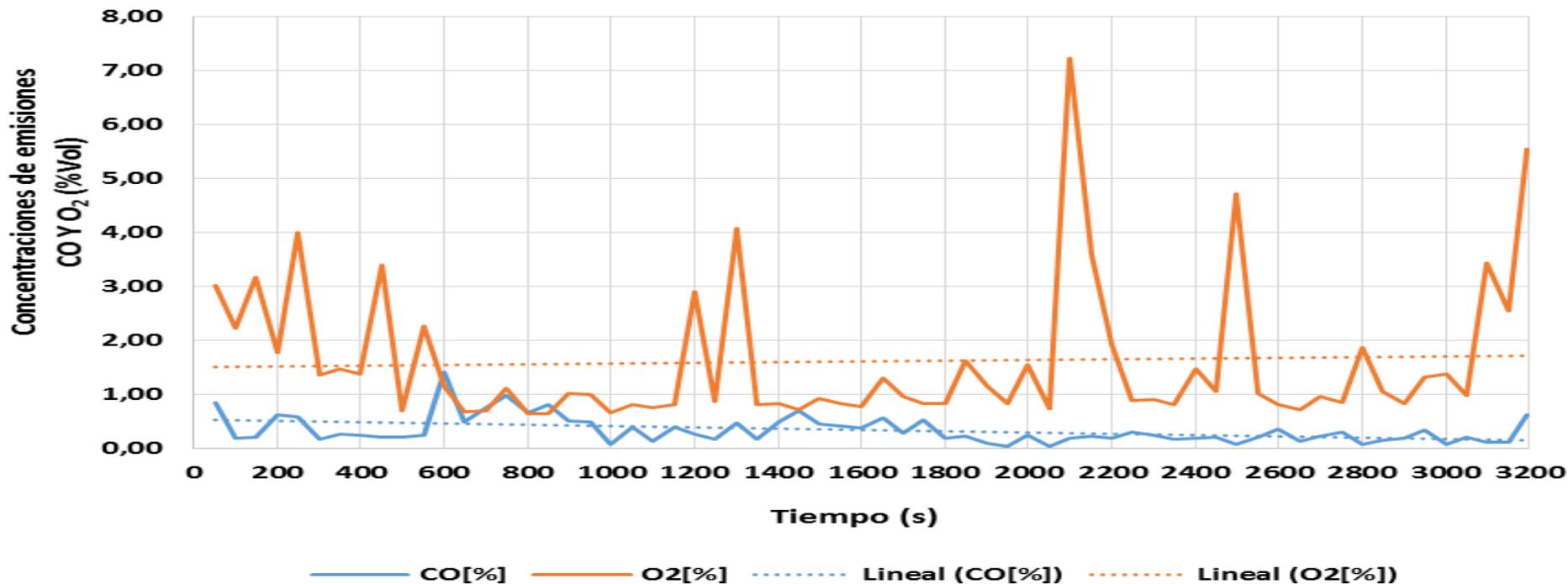


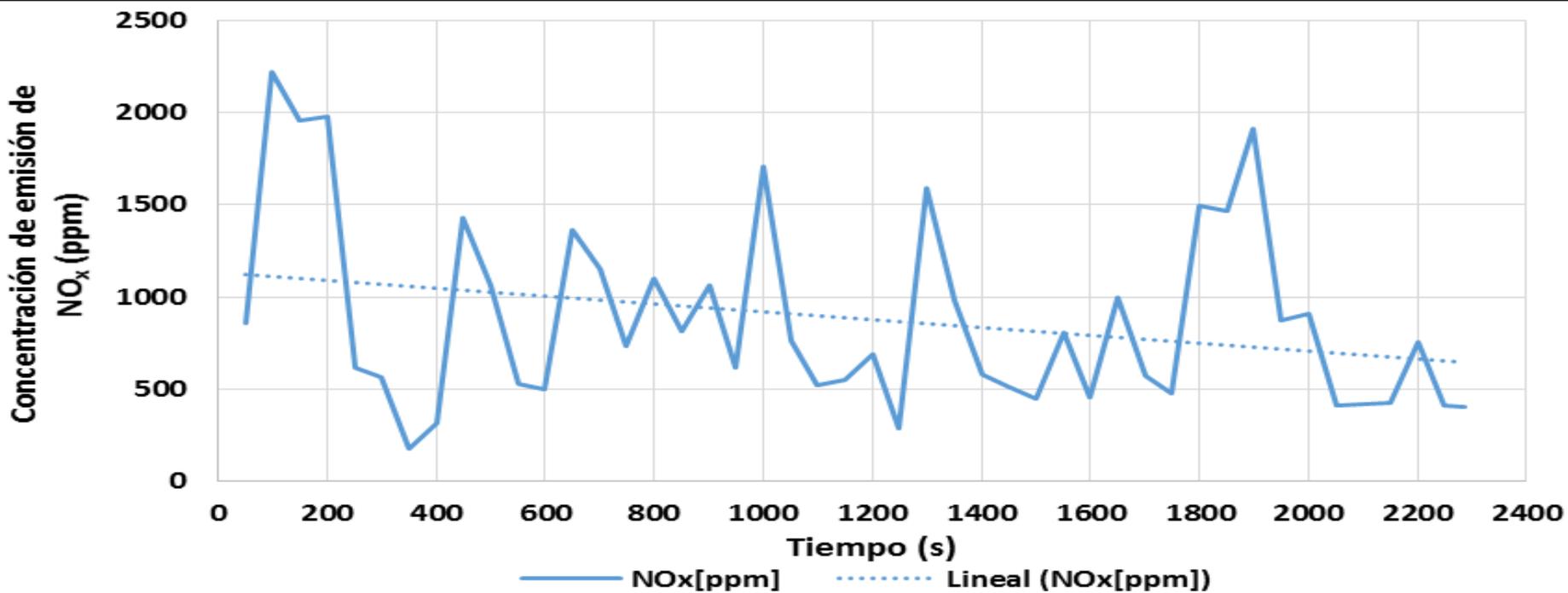
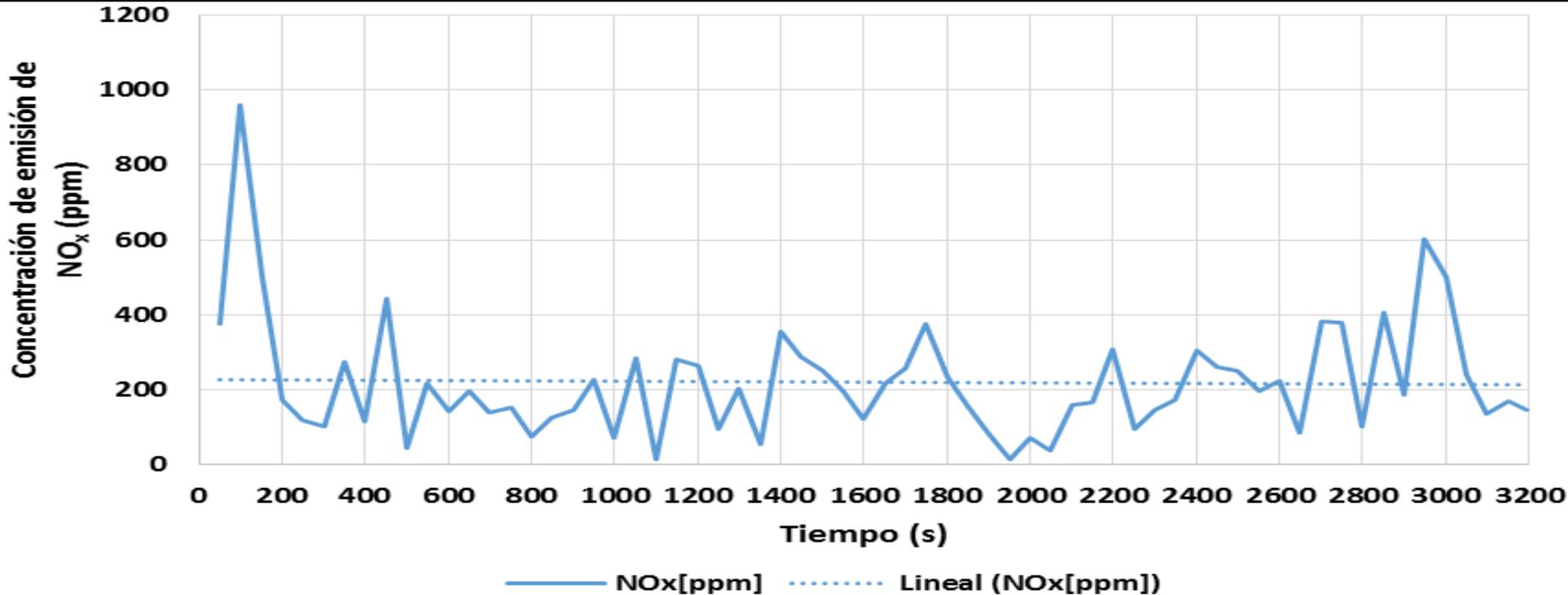




Relación de las concentraciones de emisión obtenidos utilizando el ciclo ruta







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 (mΩ), corriente de arranque CA, 750 (A) capacidad de arranque en frío CCA 620 (A), capacidad de arranque en caliente HCA 900 (A) y capacidad de reserva 90 (min) que garantice los requerimientos energéticos del sistema.
- 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 disminuyó 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, depósito, 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 una 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 una 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% CO₂, se crea un pico de oxígeno 1,15% O₂ 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.



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.



*Establecer tus metas es el primer paso para
convertir lo invisible en visible.*

Tony Robbins



E S P E
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA