



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

TEMA: “ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL PROCESO DE OXIDACIÓN – REDUCCIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DE CONVERTIDORES CATALÍTICOS DE AUTOMÓVILES”

**AUTORES: ROMERO MERINO JEFFERSON PAUL
SÁNCHEZ SÁNCHEZ BRYAM ALEXANDER**

DIRECTOR: ING. QUIROZ ERAZO LEONIDAS ANTONIO Msc.

LATACUNGA - 2022





“UNA VEZ QUE ALGO
ES UNA PASIÓN,
HAY MOTIVACIÓN”.

MICHAEL
SCHUMACHER



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONTENIDO

- Antecedentes
- Planteamiento del problema
- Objetivos
- Hipótesis
- Introducción
- Equipos
- Tratamiento de limpieza
- Mantenimiento del vehículo de prueba
- Nedc
- Wltp
- Implementado 1
- Implementado 2
- Test oficiales
- Conclusiones
- Recomendaciones

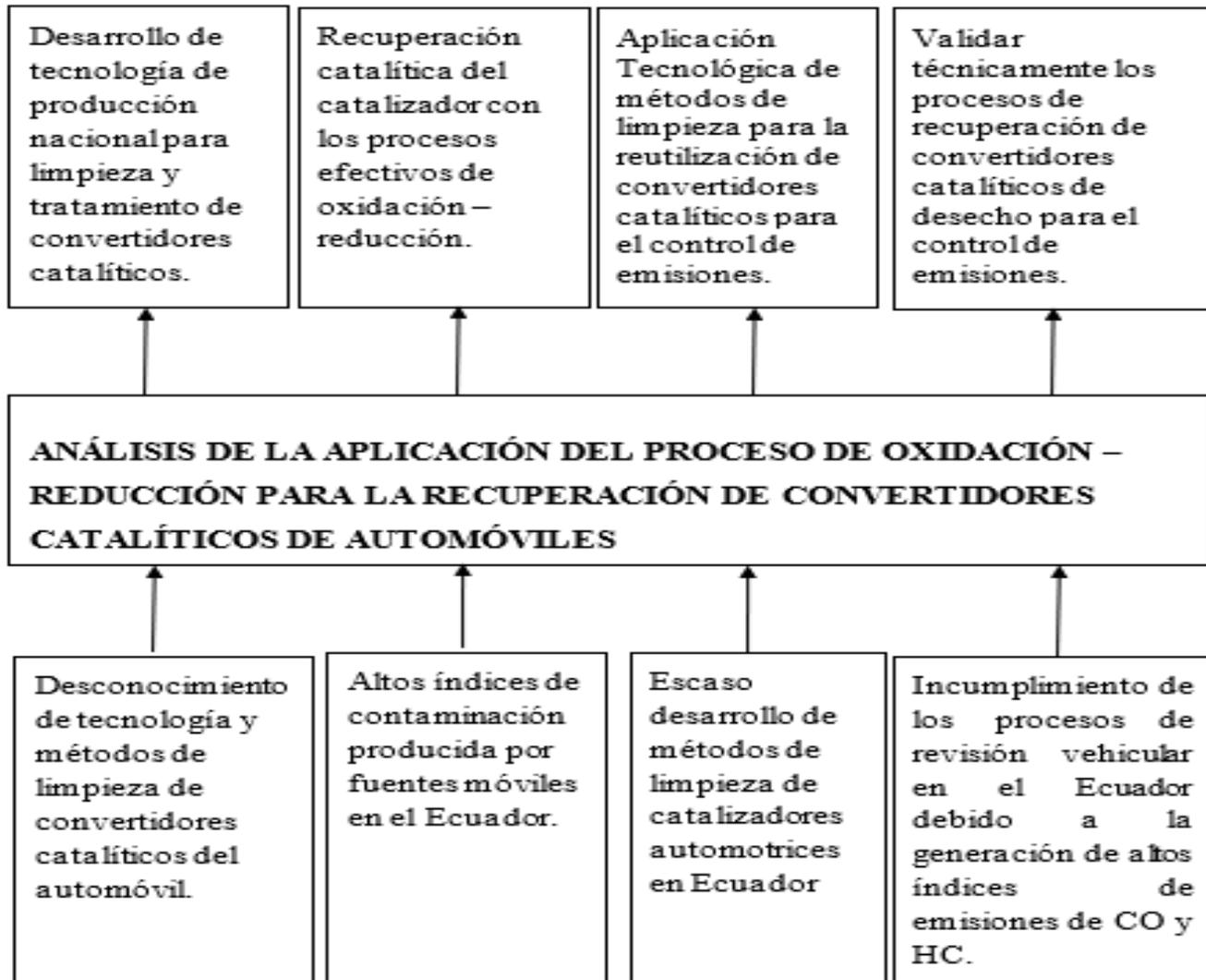


ANTECEDENTES

- Ecuador posee una cantidad de 2'200.000 vehículos, pero de estos 218.000 tendrían más de 35 años de antigüedad, por este motivo se estima que el 35% de los automóviles que circulan en el país son altamente contaminantes.
- Varios problemas resultan a causa de un catalizador obstruido por partículas de suciedad, estos problemas, generan pérdida de potencia, ruidos en la parte inferior del vehículo, humo y sobrecalentamiento del motor
- Los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo del convertidor catalítico resultan de gran importancia al realizar procesos de limpieza con métodos de oxidación – reducción e inyección de gases inertes para la recuperación de los materiales del monolito, con el fin de controlar efectivamente las emisiones producidas por vehículos



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



OBJETIVO GENERAL

- Analizar la aplicación del proceso de oxidación – reducción para la recuperación de convertidores catalíticos de automóviles



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fundamentar científicamente fuentes bibliográficas confiables los diferentes tipos de sistemas de limpieza, tratamiento y reutilización de los catalizadores automotrices de 2 y 3 vías
- Desarrollar y aplicar un método de limpieza y tratamiento técnico – científico para los convertidores catalíticos de deshecho.
- Homologar procedimientos de limpieza de catalizadores automotrices considerando rangos idóneos de temperatura y flujo de gases inertes a presión atmosférica que permitan la reutilización de los mismos.
- Poner a punto los equipos de mediciones de emisiones con los que cuenta los laboratorios de Autotrónica y obtener una certificación avalada por los representantes en el país de las marcas de los analizadores.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ejecutar ensayos test oficial de medición de emisiones acordes a las normativas vigentes aplicada en los Centros de Revisión Técnica Vehicular.
- Realizar pruebas de funcionalidad de los catalizadores automotrices junto con pruebas estáticas y de ciclos dinámicos en conducción prolongada, bajo diferentes condiciones de circulación en ciclos urbanos y extraurbanos.
- Tabular los datos obtenidos durante todas las pruebas realizadas, en base a las normativas NTE INEN 2 204:2002, NTE INEN 2 203:2000.

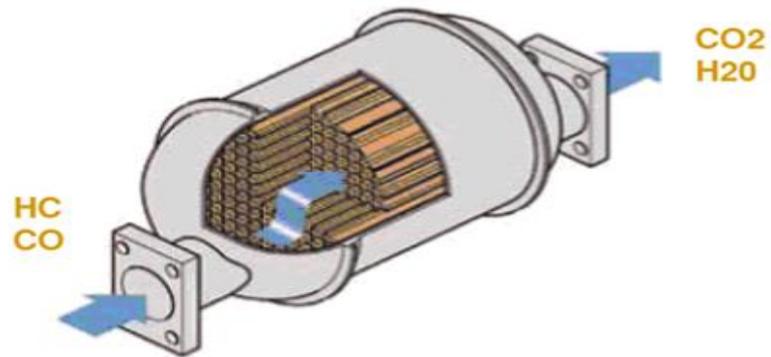


HIPÓTESIS

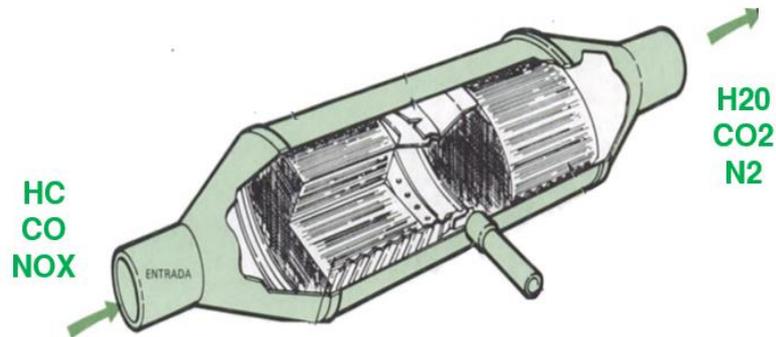
- El proceso de oxidación reducción aplicada al reciclaje de catalizadores de uso automotriz permitirá obtener un ratio de eficiencia de conversión catalítica del 90% para el control de emisiones de hidrocarburos y óxidos nitrosos para catalizadores de 2 y 3 vías.



INTRODUCCIÓN



- Catalizador de 2 vías



- Catalizador de 3 vías



EQUIPOS

- Analizador de gases AGS - 688



EQUIPOS

- Analizador de gases KANE AUTOPLUS 4-2



EQUIPOS

- Medidor de revoluciones MGT 300-EVO



TRATAMIENTO DE LIMPIEZA

EQUIPO DE TRATAMIENTO DE CONVERTIDORES CATALÍTICOS A
TEMPERATURA PROGRAMADA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TRATAMIENTO DE LIMPIEZA

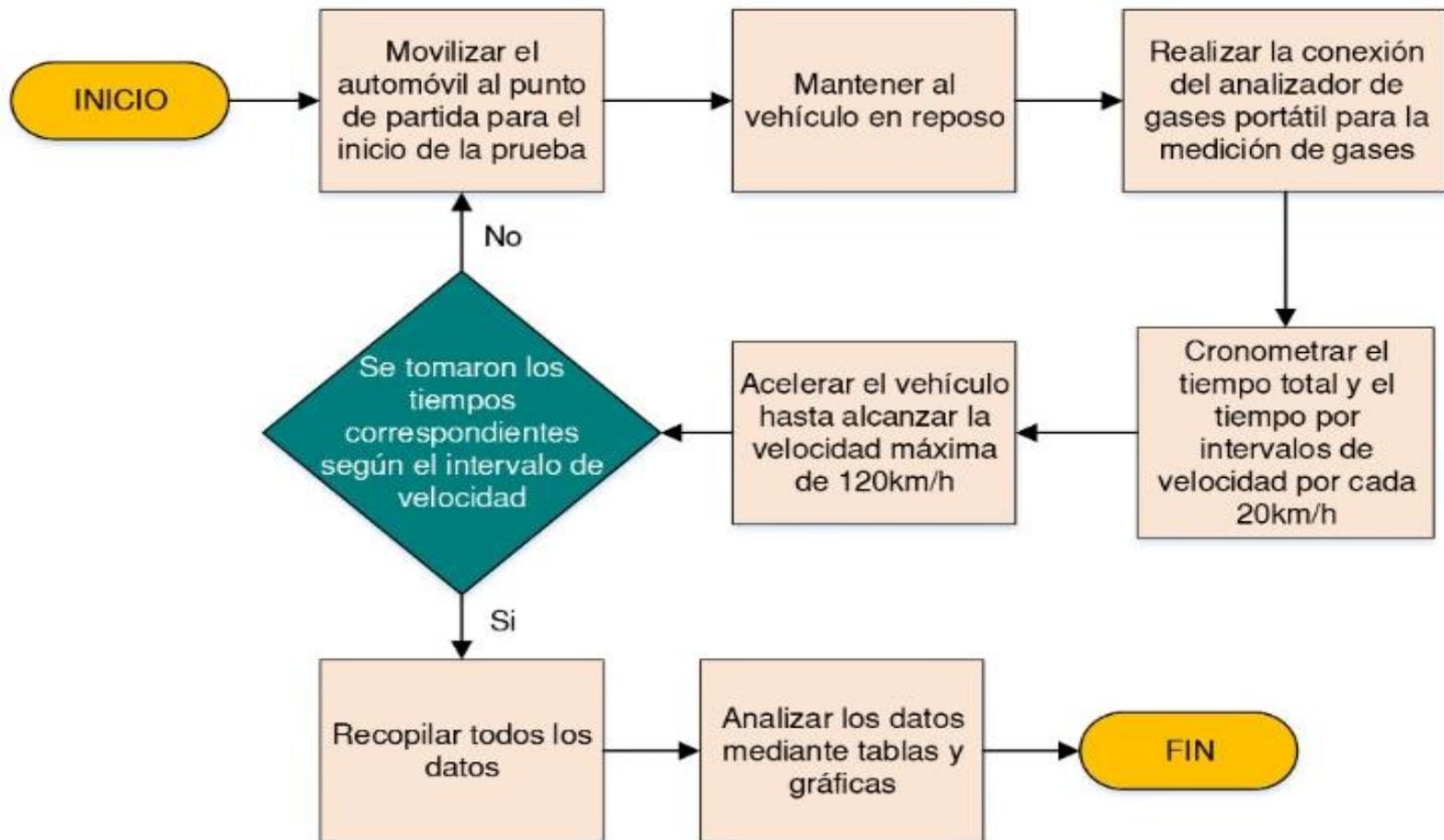
Designación	Valores
Temperatura (°C)	Primera fase 300
	Segunda fase 450
	Tercera fase 600
Tiempo de N2 (minutos)	45
Intervalo O2 y N2 (minutos)	15
Tiempo total N2 (minutos)	60
Tiempo de espera entre fases (minutos)	60
Presión de inyección O2 (bar)	2
Presión de inyección N2 (bar)	1
Caudal Regulado O2 (cc/min)	100
Caudal Regulado N2 (cc/min)	150
Caudal Total O2 (cc/min)	1500
Caudal Total N2 (cc/min)	9000
Caudal total	10500



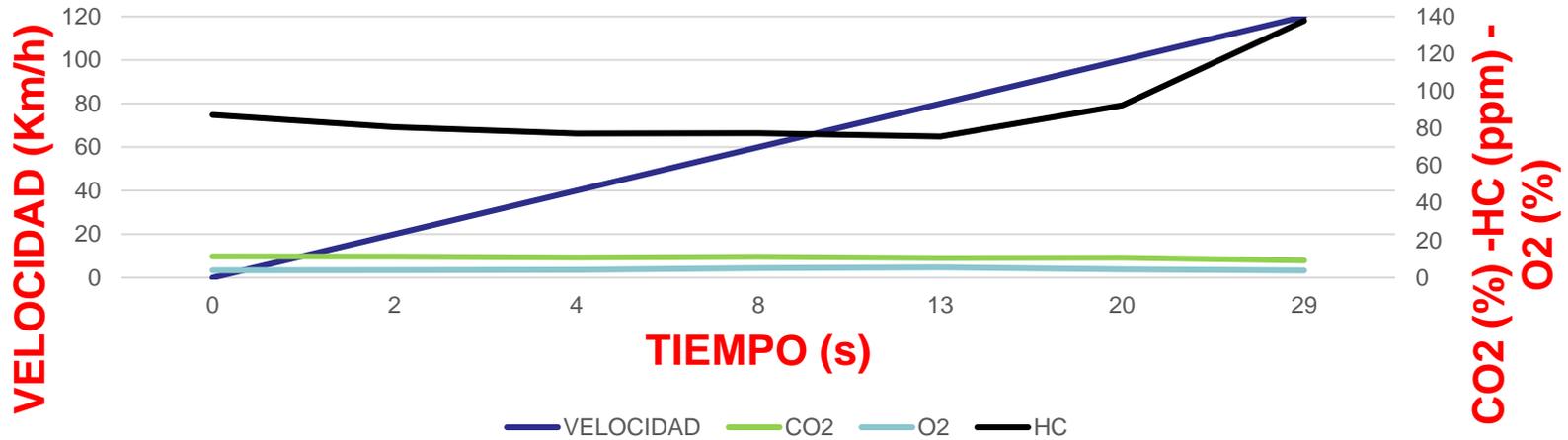
MENTENIMIENTO DEL VEHÍCULO DE PRUEBA



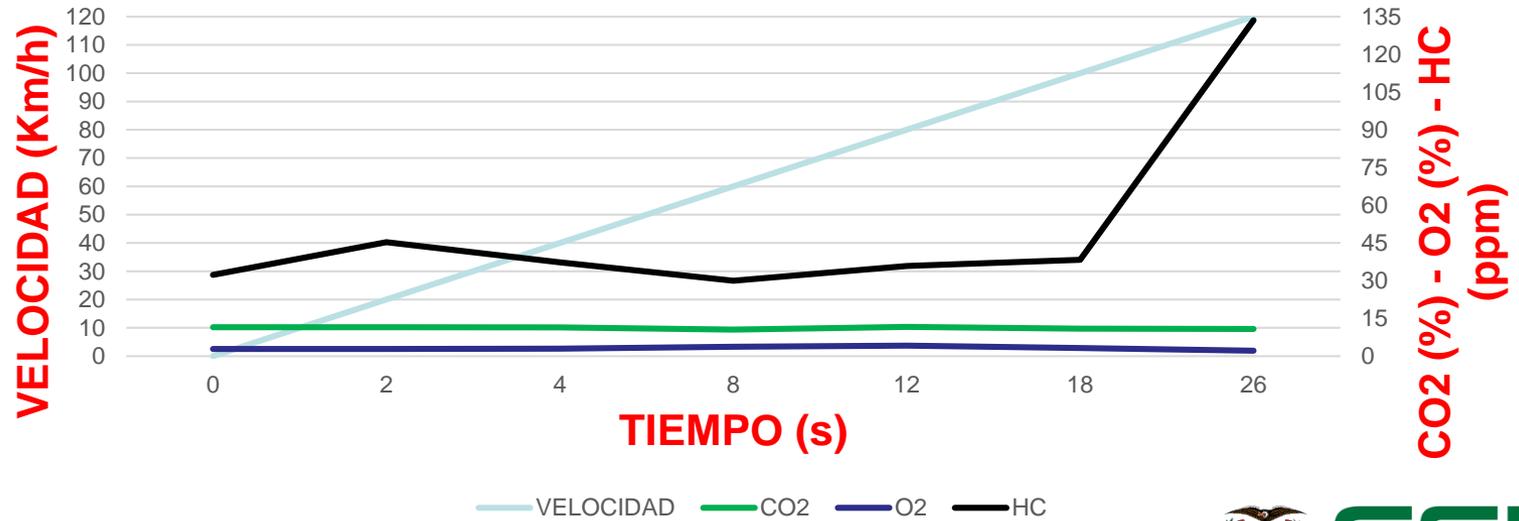
NEDC - extraurbana



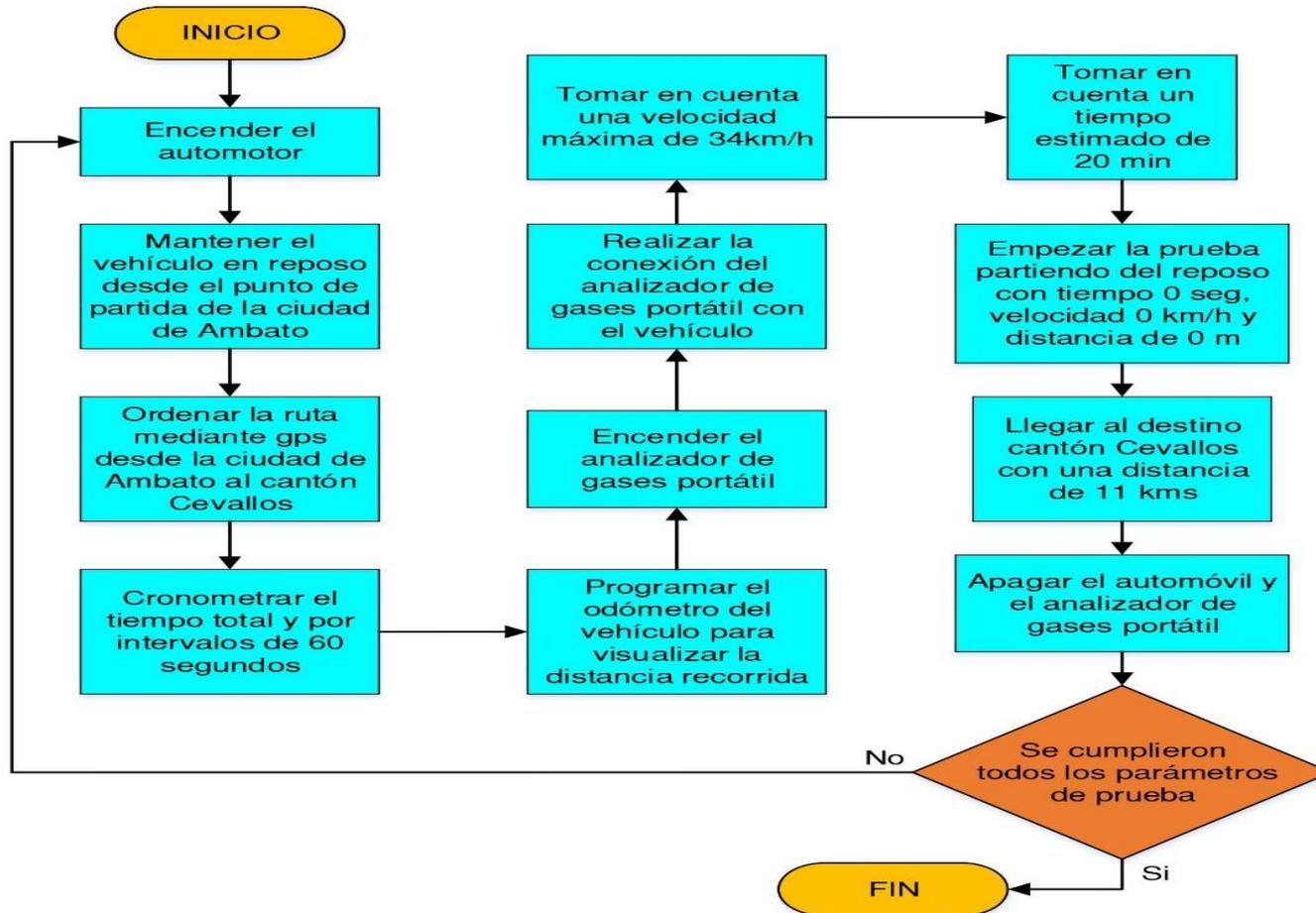
CATALIZADOR DE DESECHO



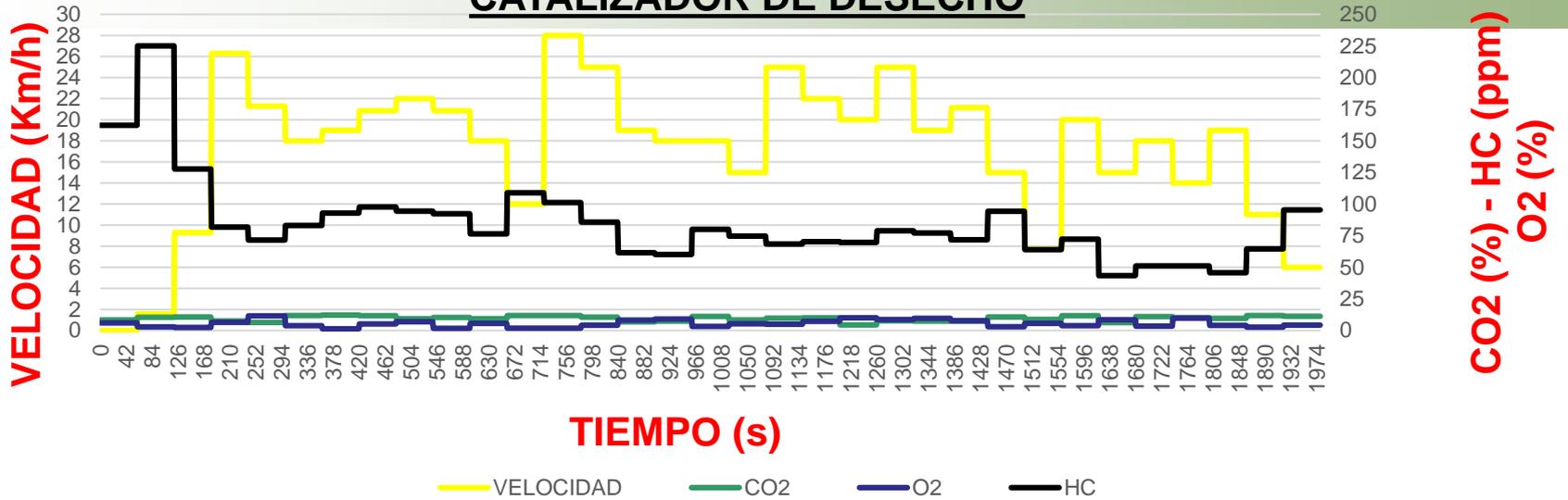
CATALIZADOR NUEVO



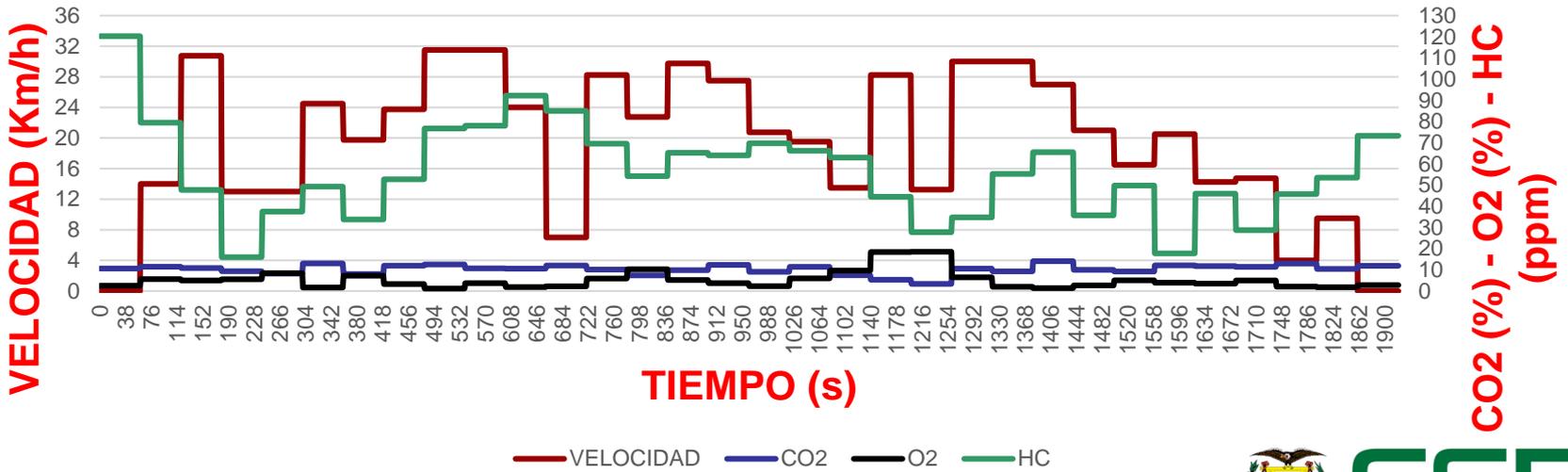
NEDC - urbana



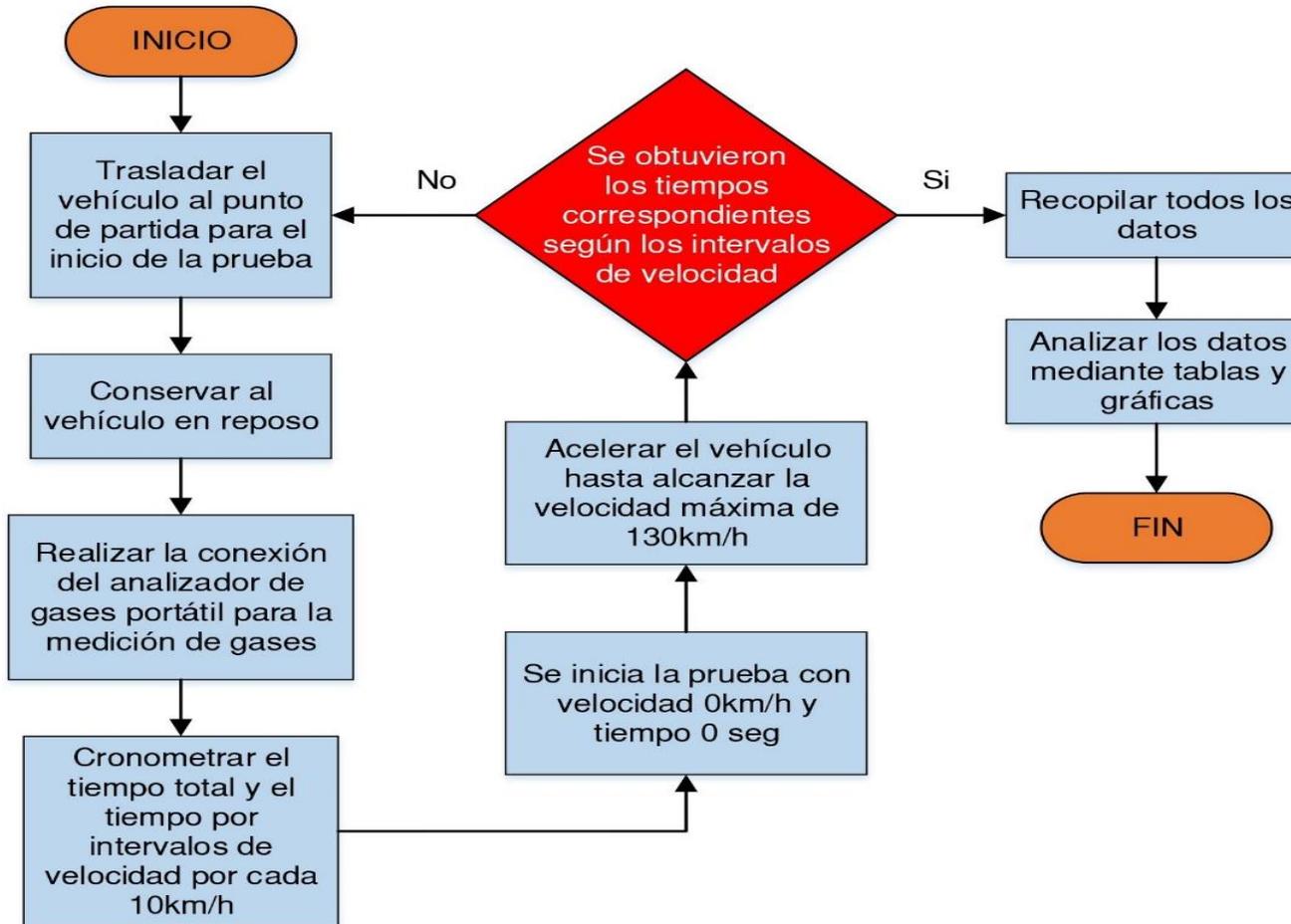
CATALIZADOR DE DESECHO



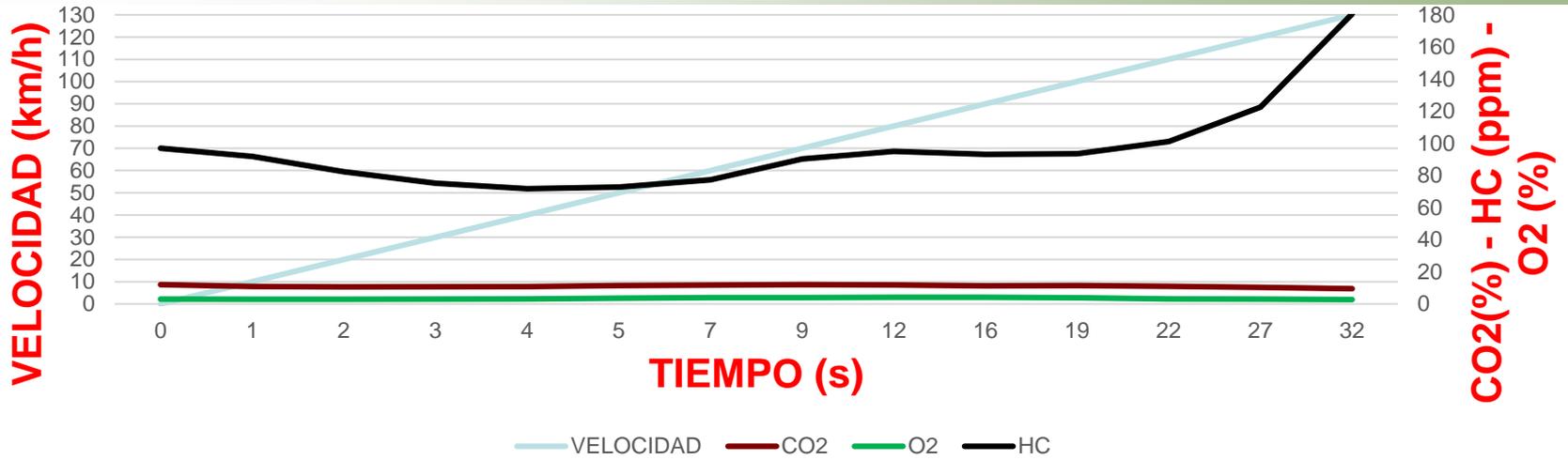
CATALIZADOR NUEVO



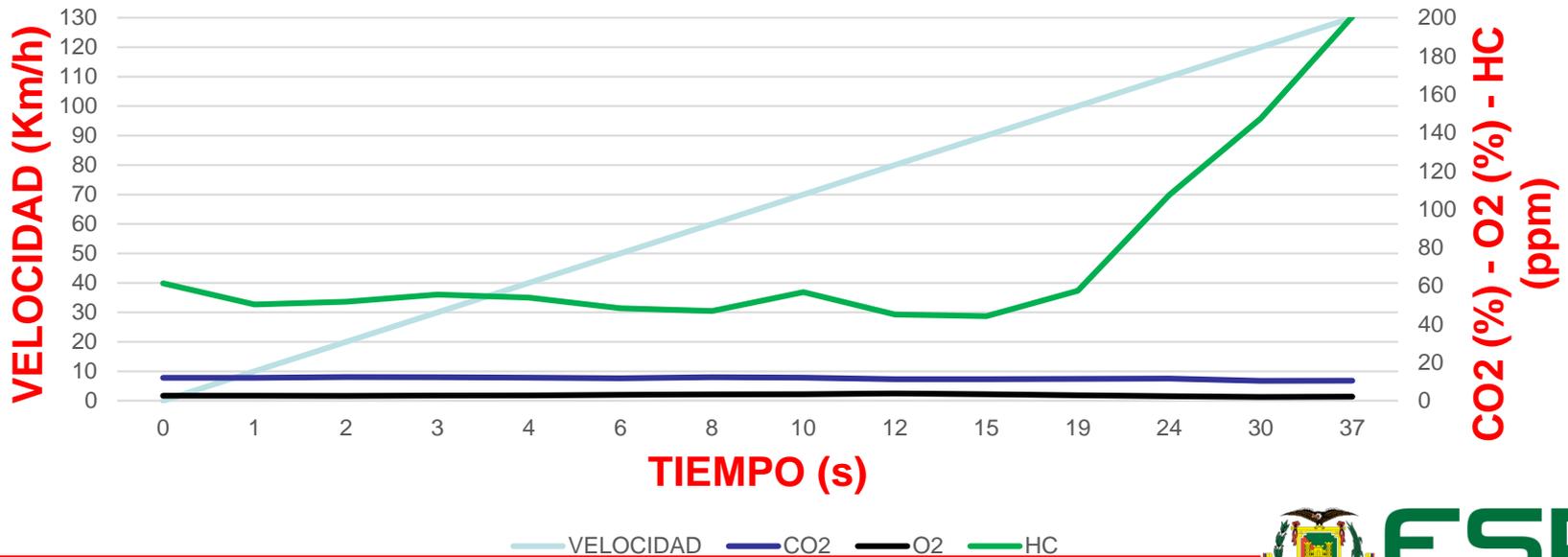
WLTP - extraurbana



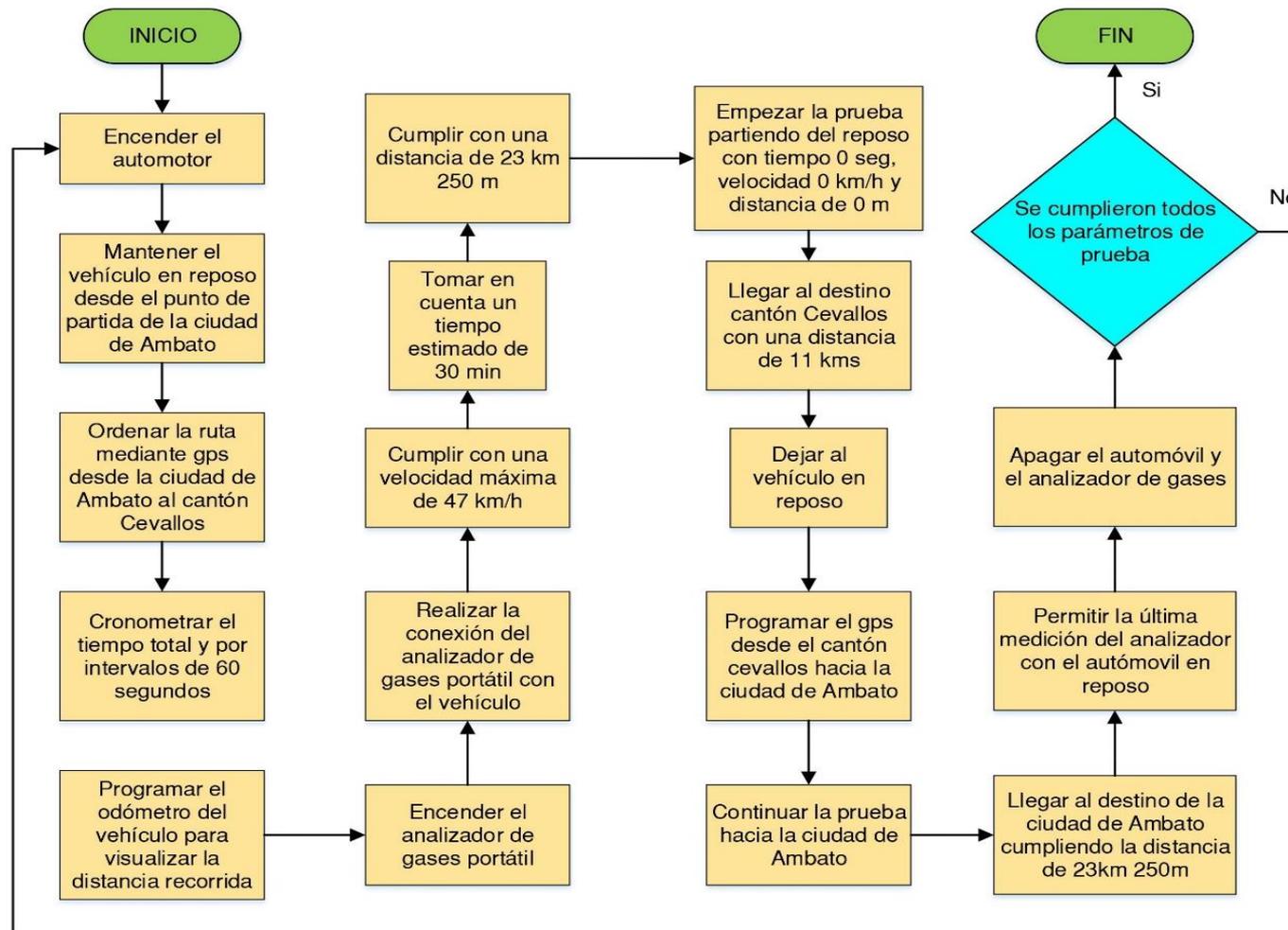
CATALIZADOR DE DESECHO

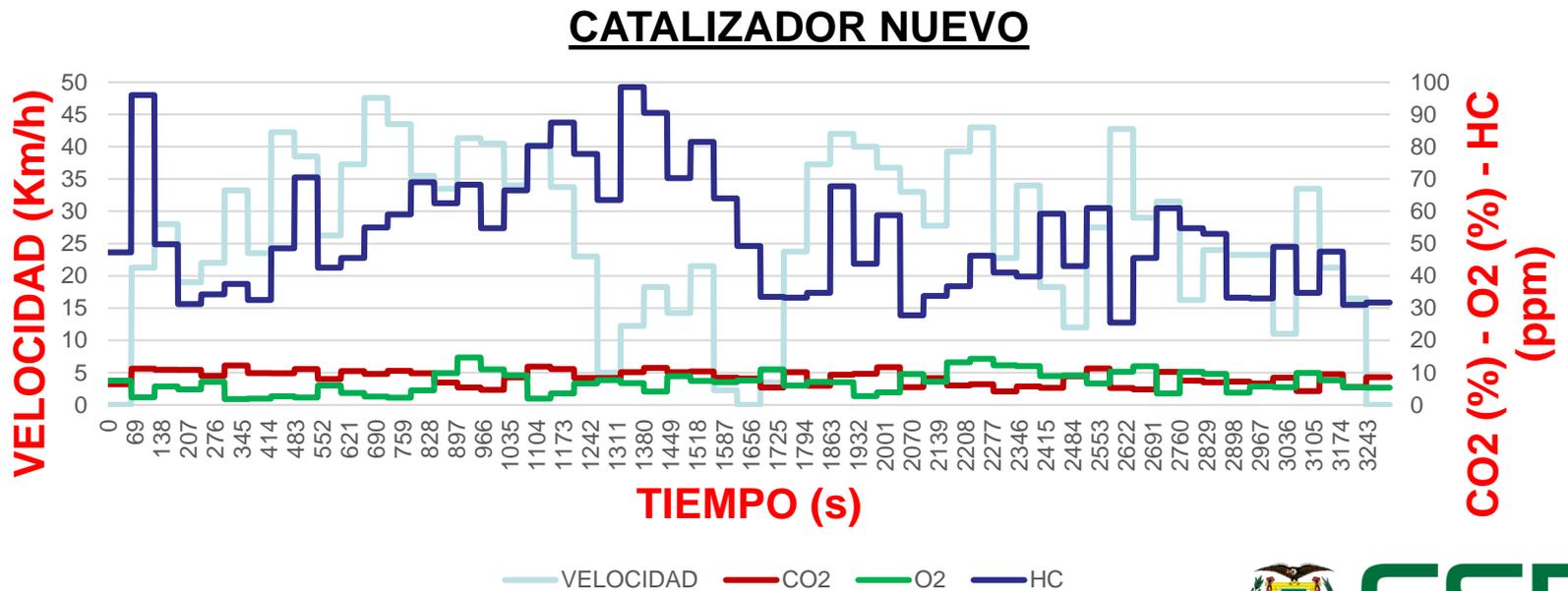
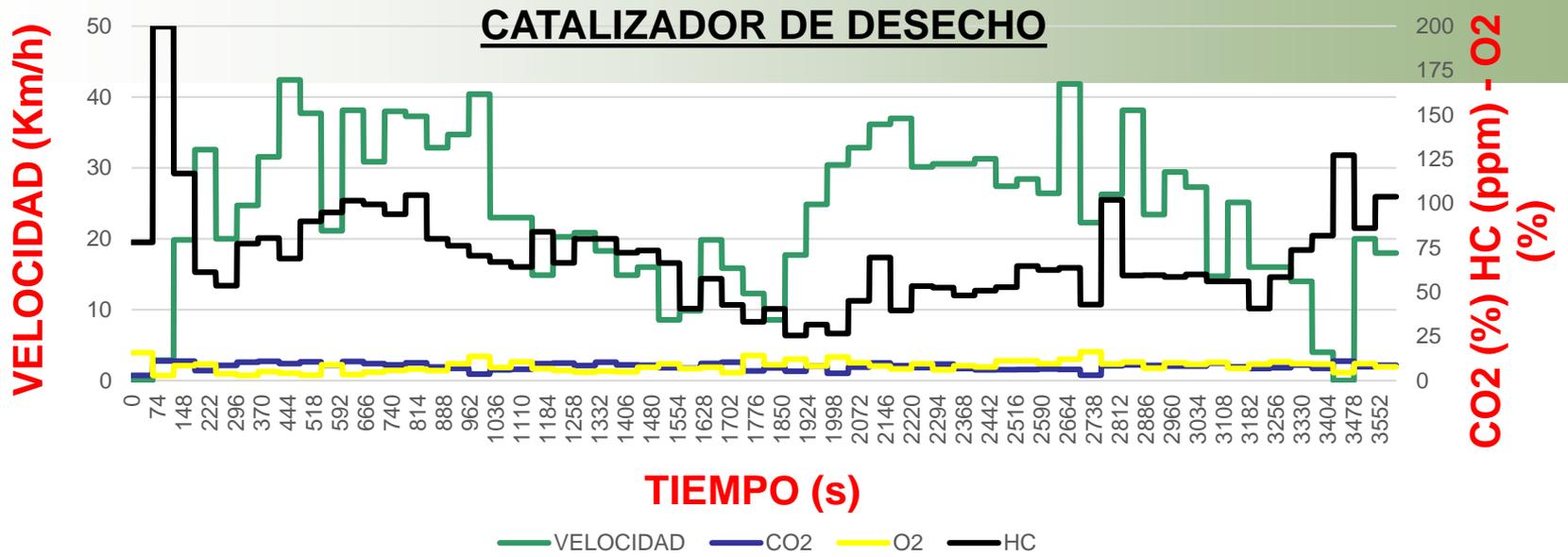


CATALIZADOR NUEVO

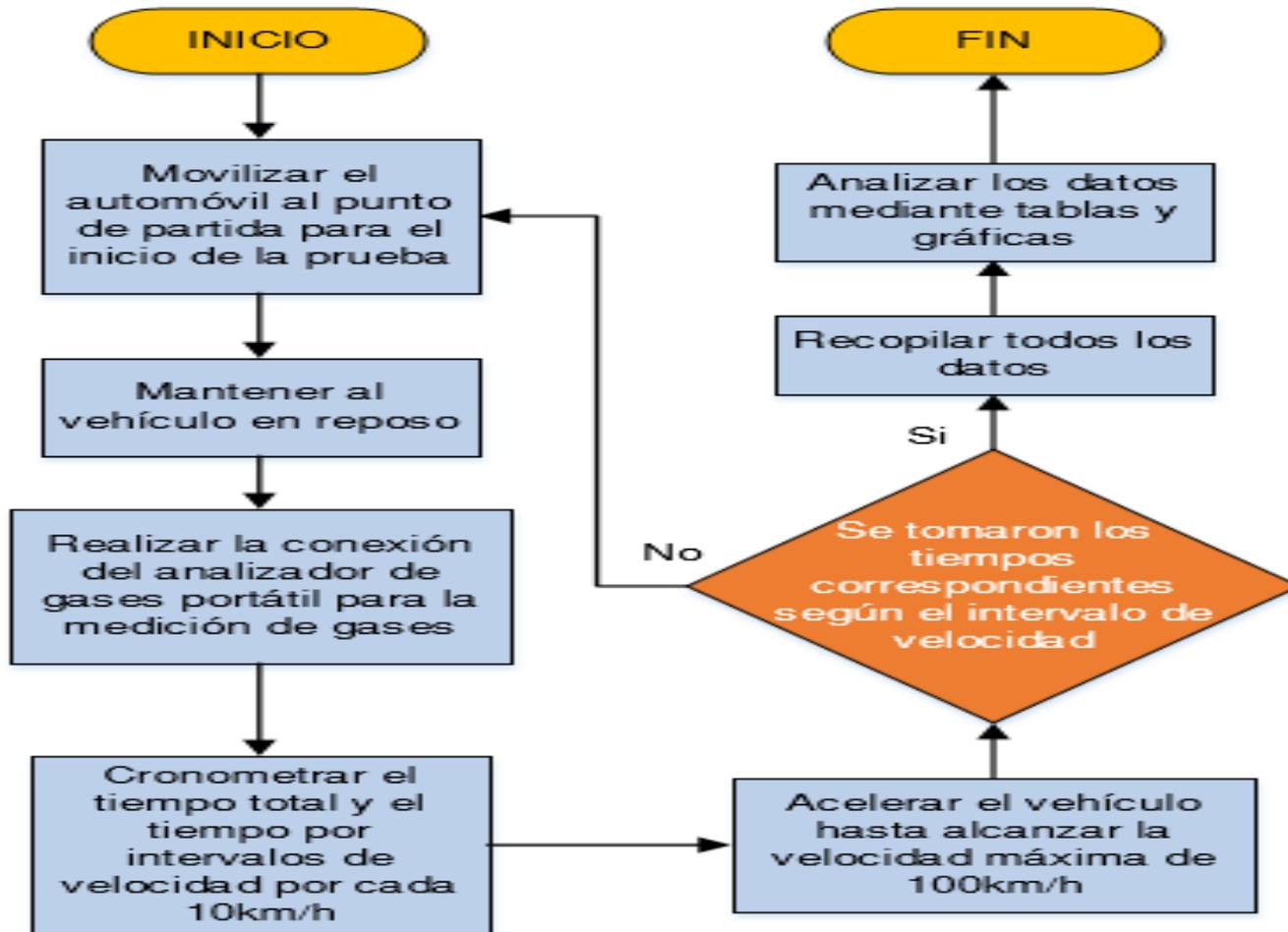


WLTP - urbana

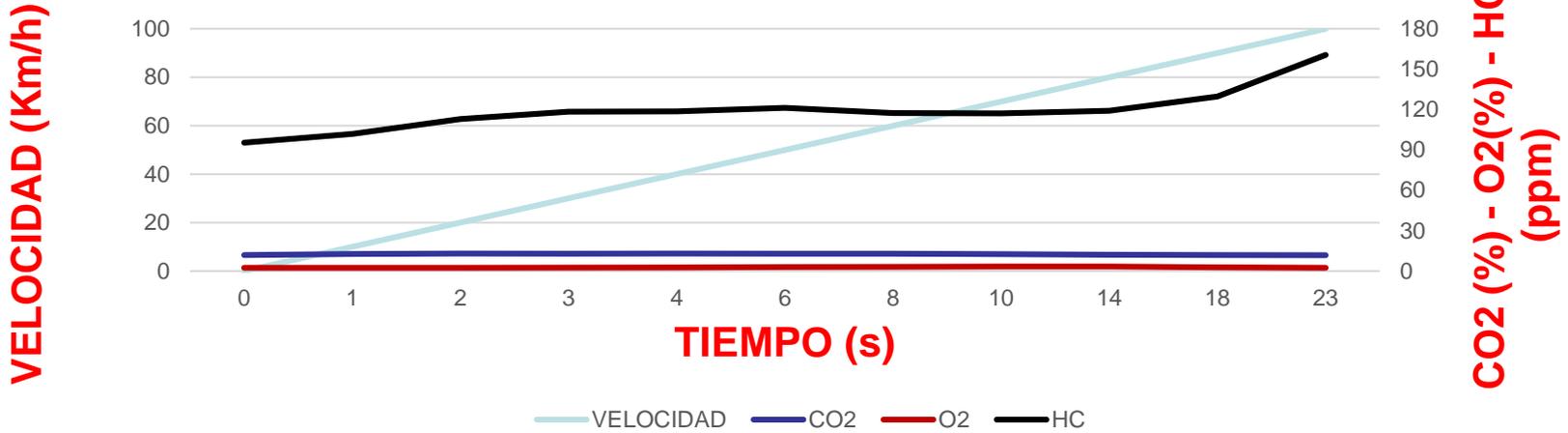




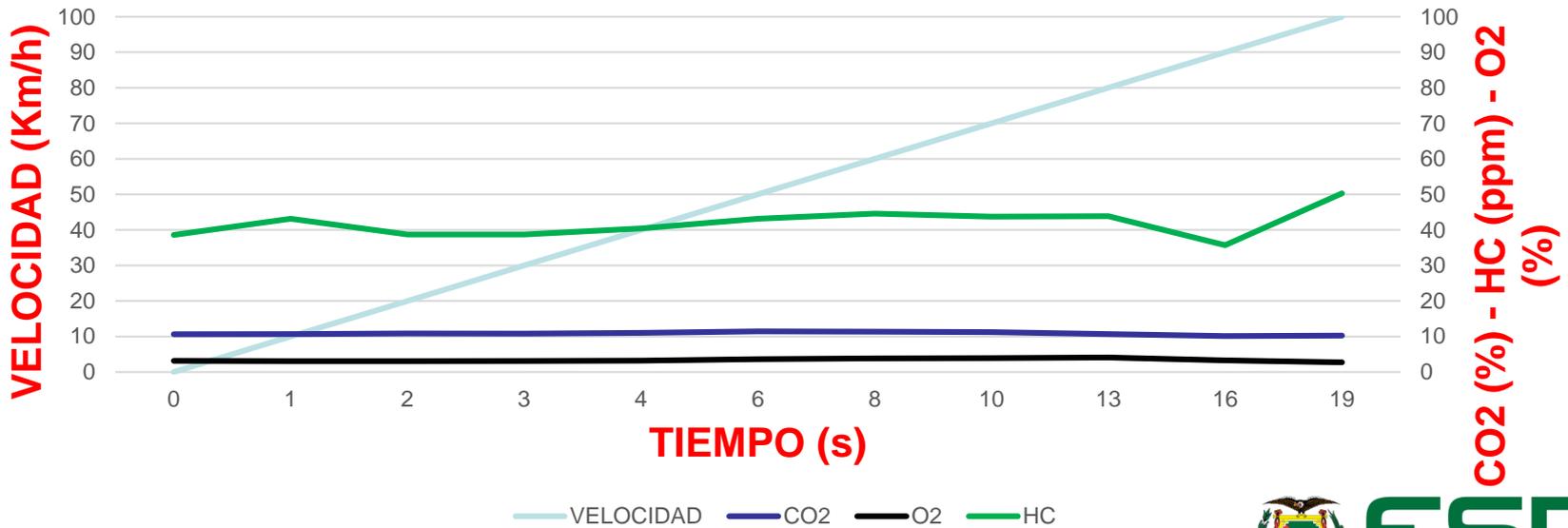
IMPLEMENTADO 1 - extraurbana



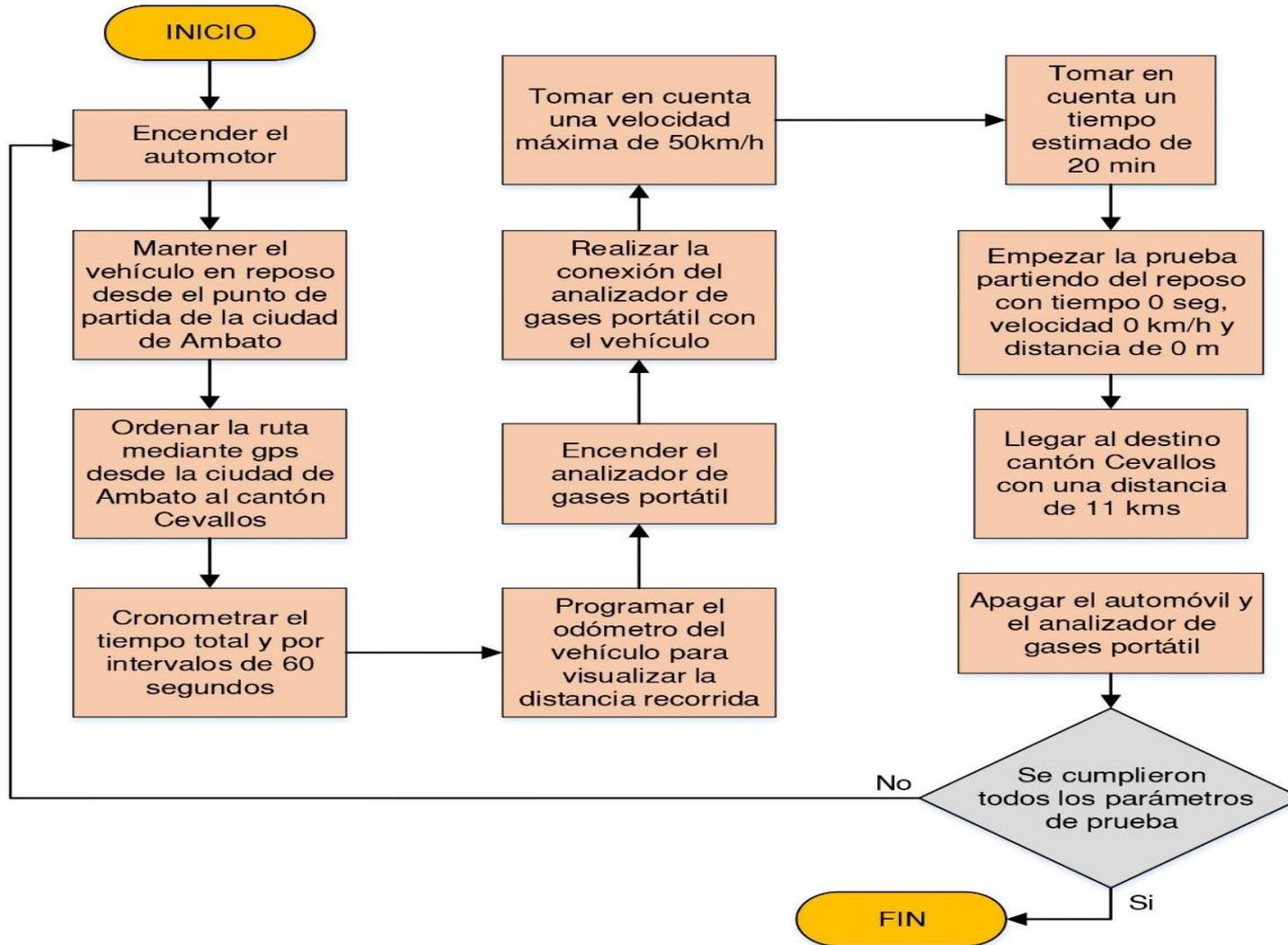
CATALIZADOR DE DESECHO



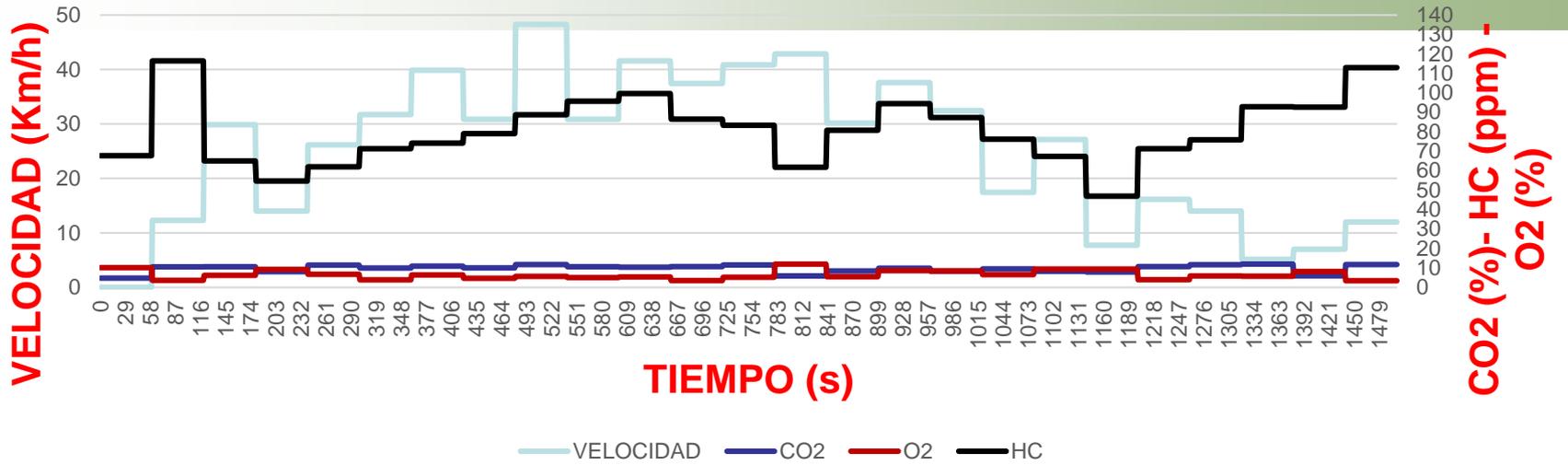
CATALIZADOR NUEVO



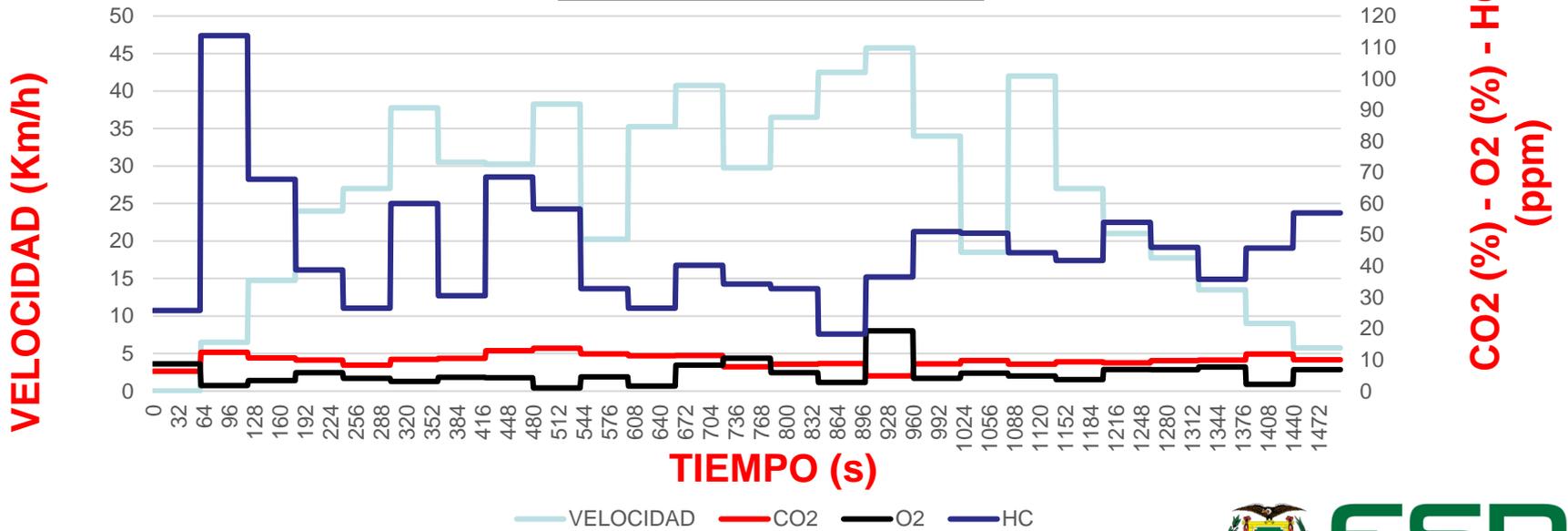
IMPLEMENTADO 1 - urbana



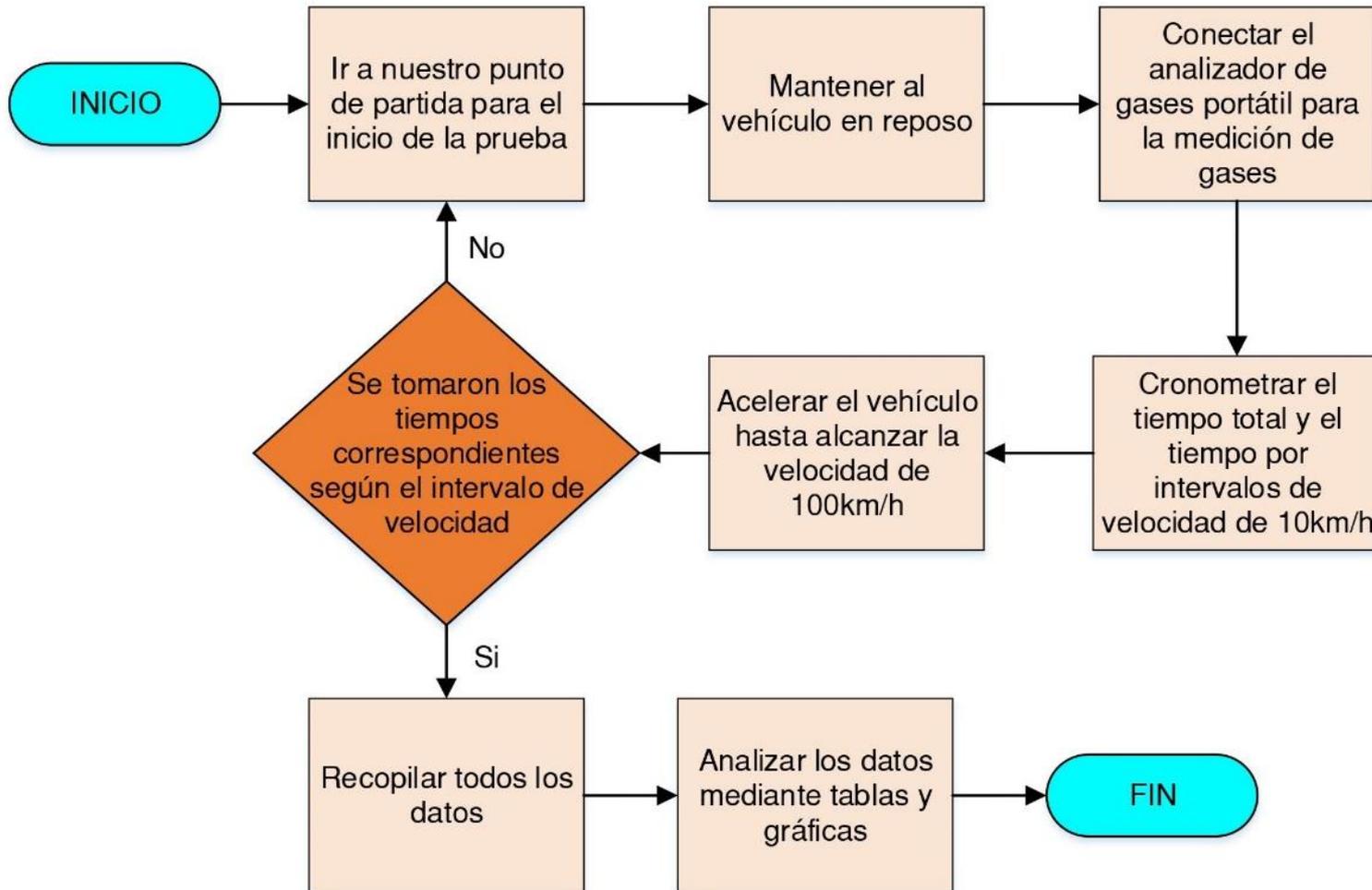
CATALIZADOR DE DESECHO



CATALIZADOR NUEVO

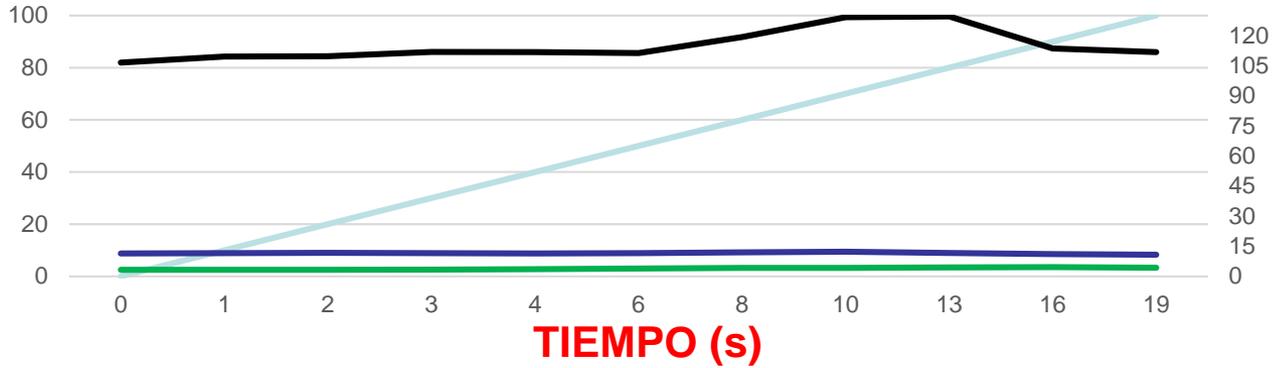


IMPLEMENTADO 2 - extraurbana



CATALIZADOR DE DESECHO

VELOCIDAD (Km/h)

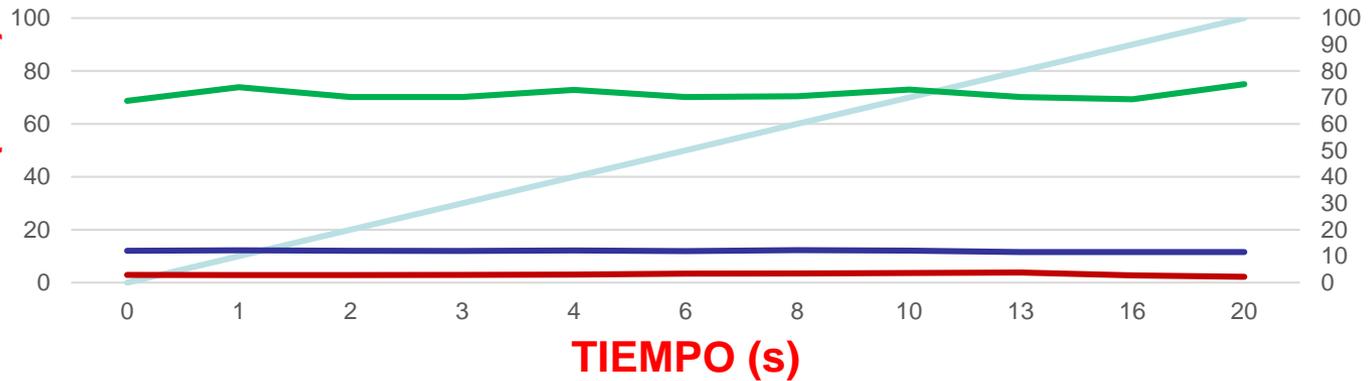


CO2 (%) - HC (ppm)
- O2 (%)

— VELOCIDAD — CO2 — O2 — HC

CATALIZADOR NUEVO

VELOCIDAD (Km/h)

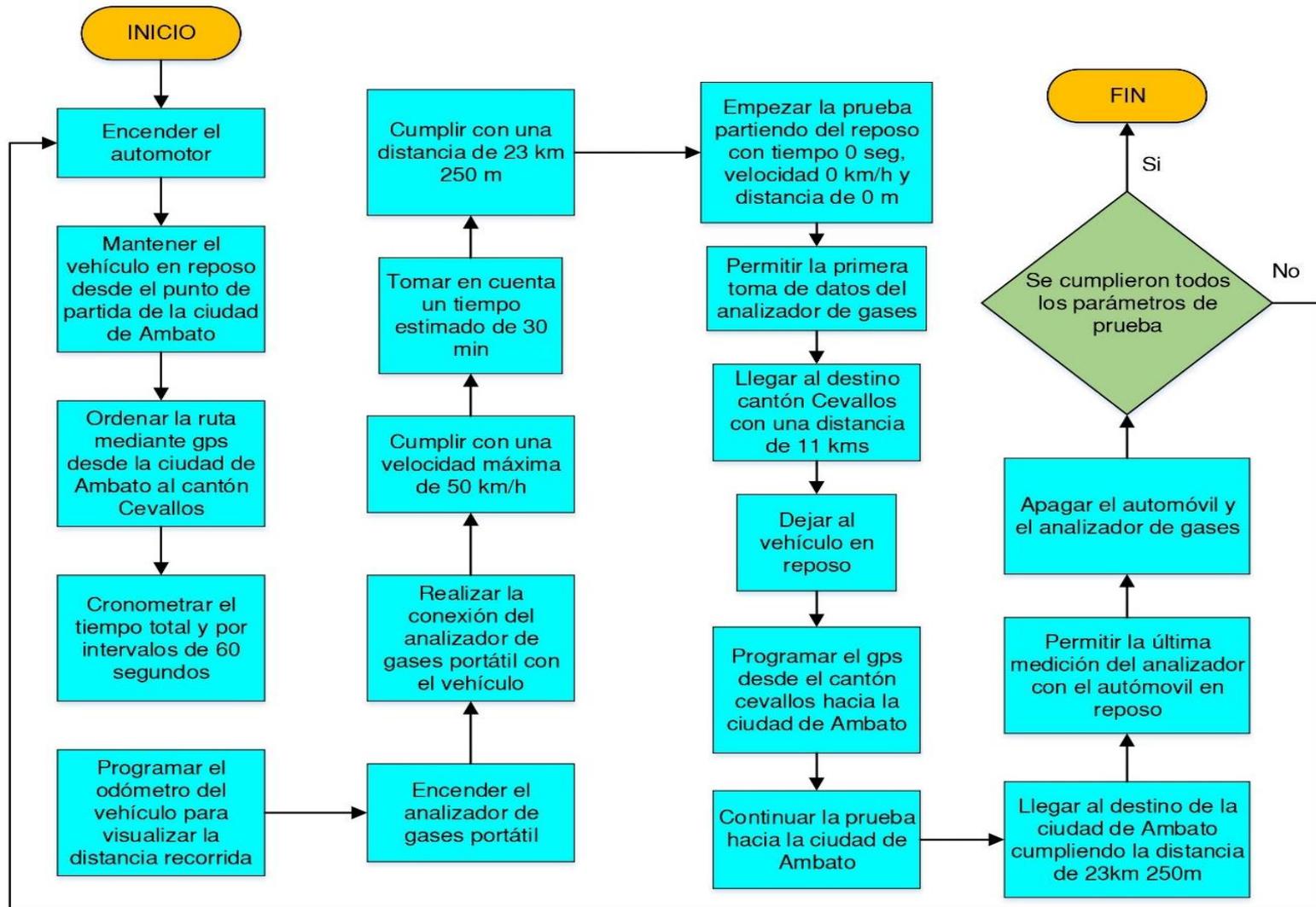


CO2 (%) - O2 (%) -
HC (ppm)

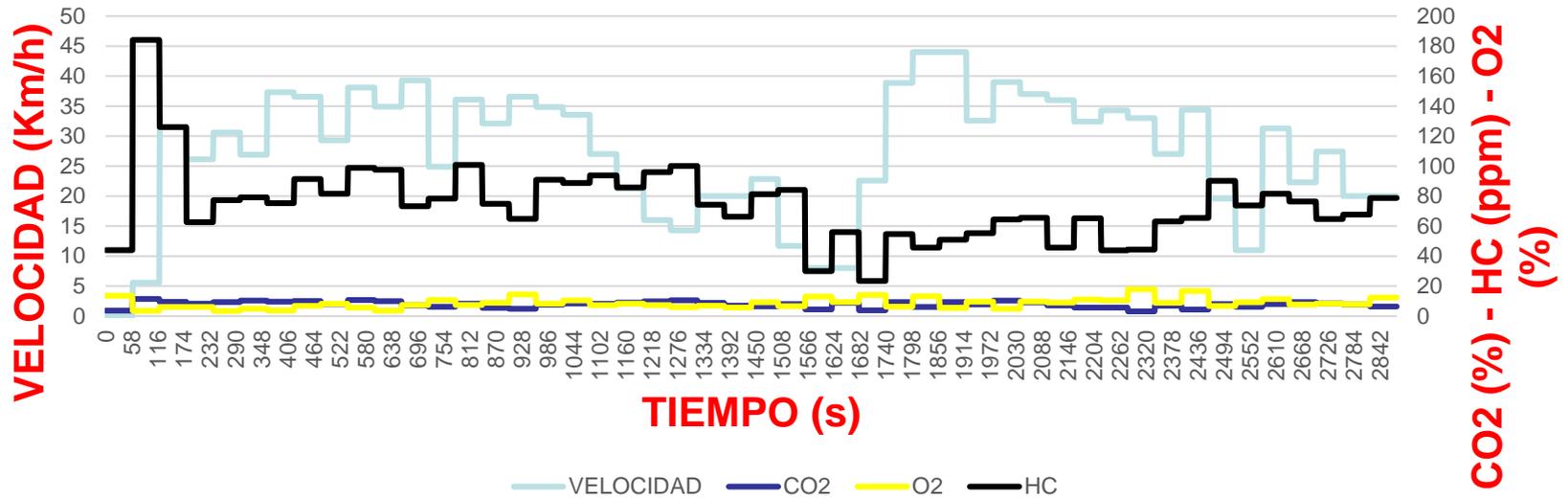
— VELOCIDAD — CO2 — O2 — HC



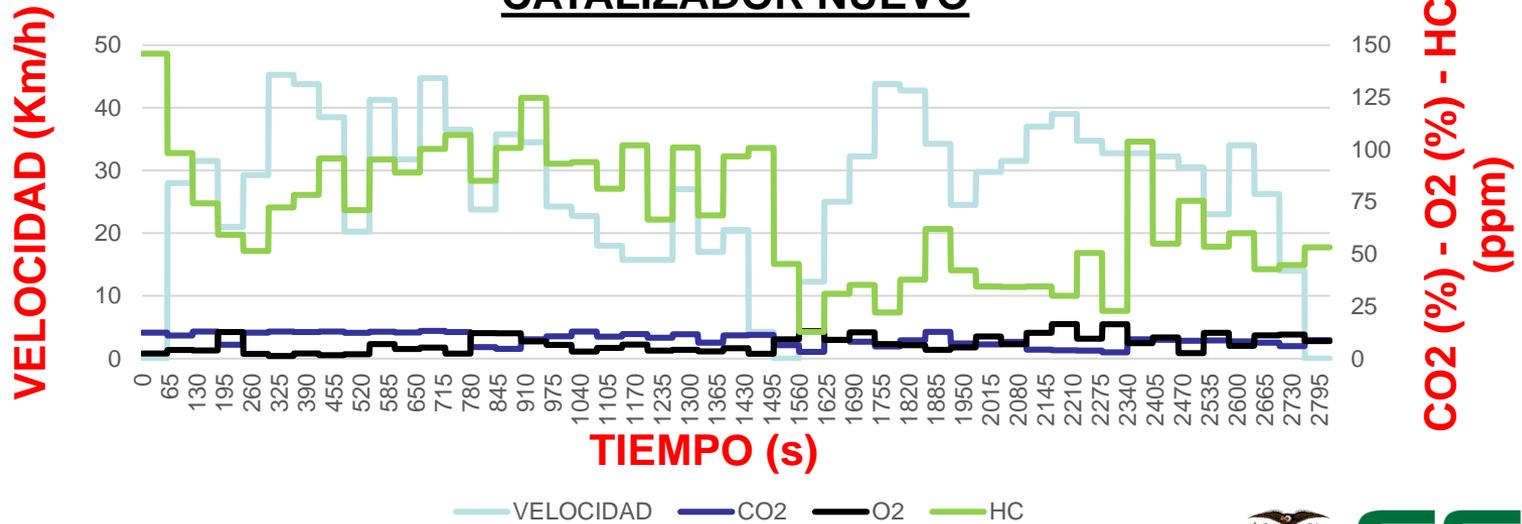
IMPLEMENTADO 2 - urbana



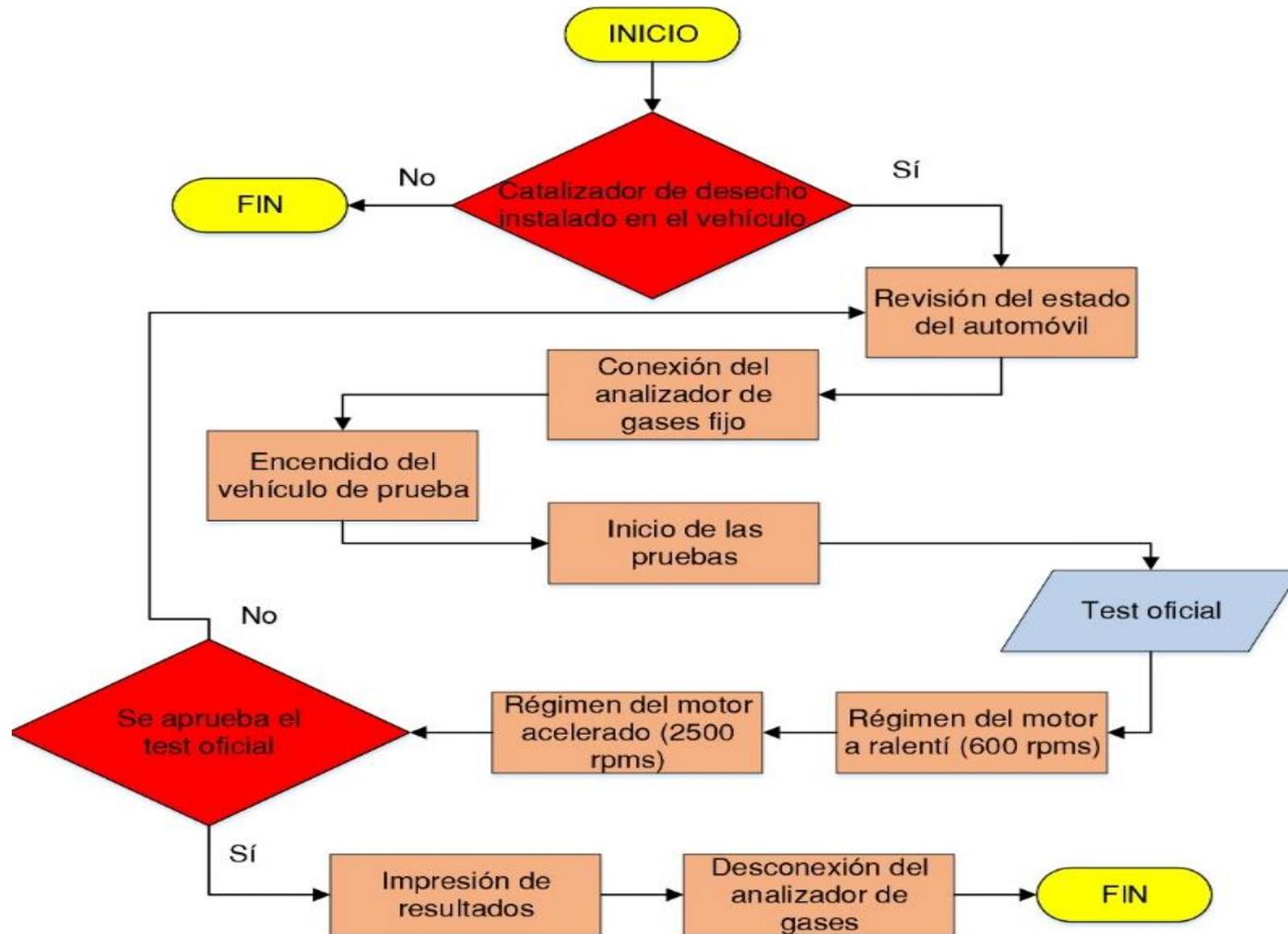
CATALIZADOR DE DESECHO



CATALIZADOR NUEVO

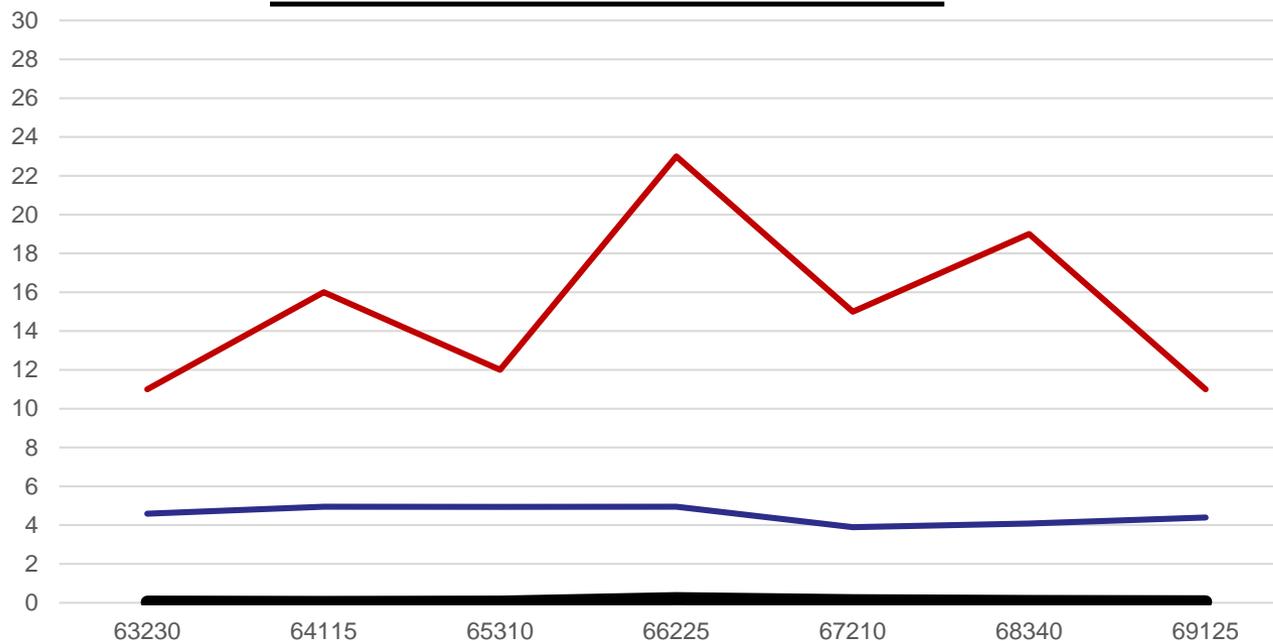


TEST OFICIAL – catalizador de desecho



CATALIZADOR DE DESECHO

CO (%) - O2 (%) - HC (ppm)



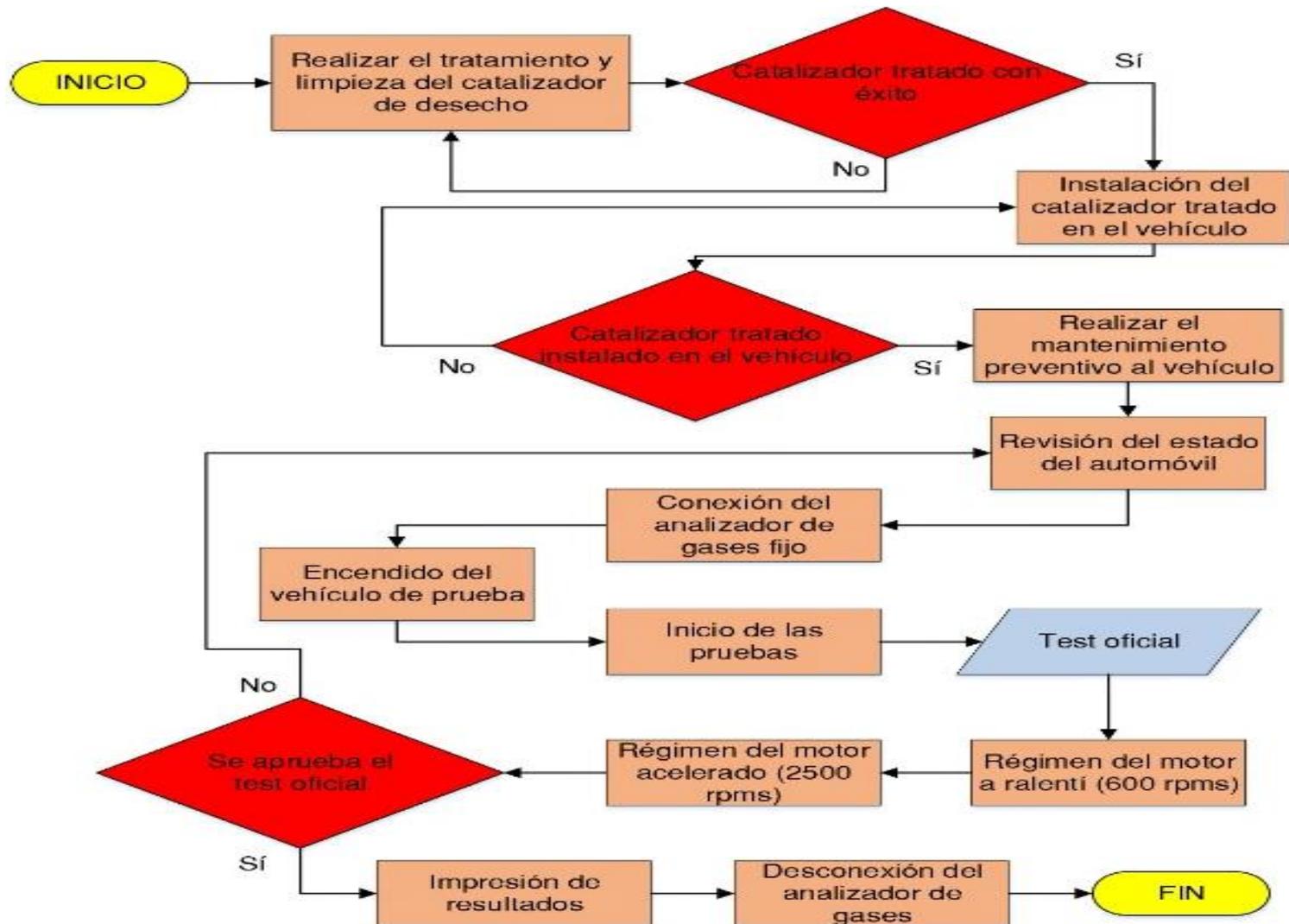
KILOMETRAJE (km)

— CO — O2 — HC

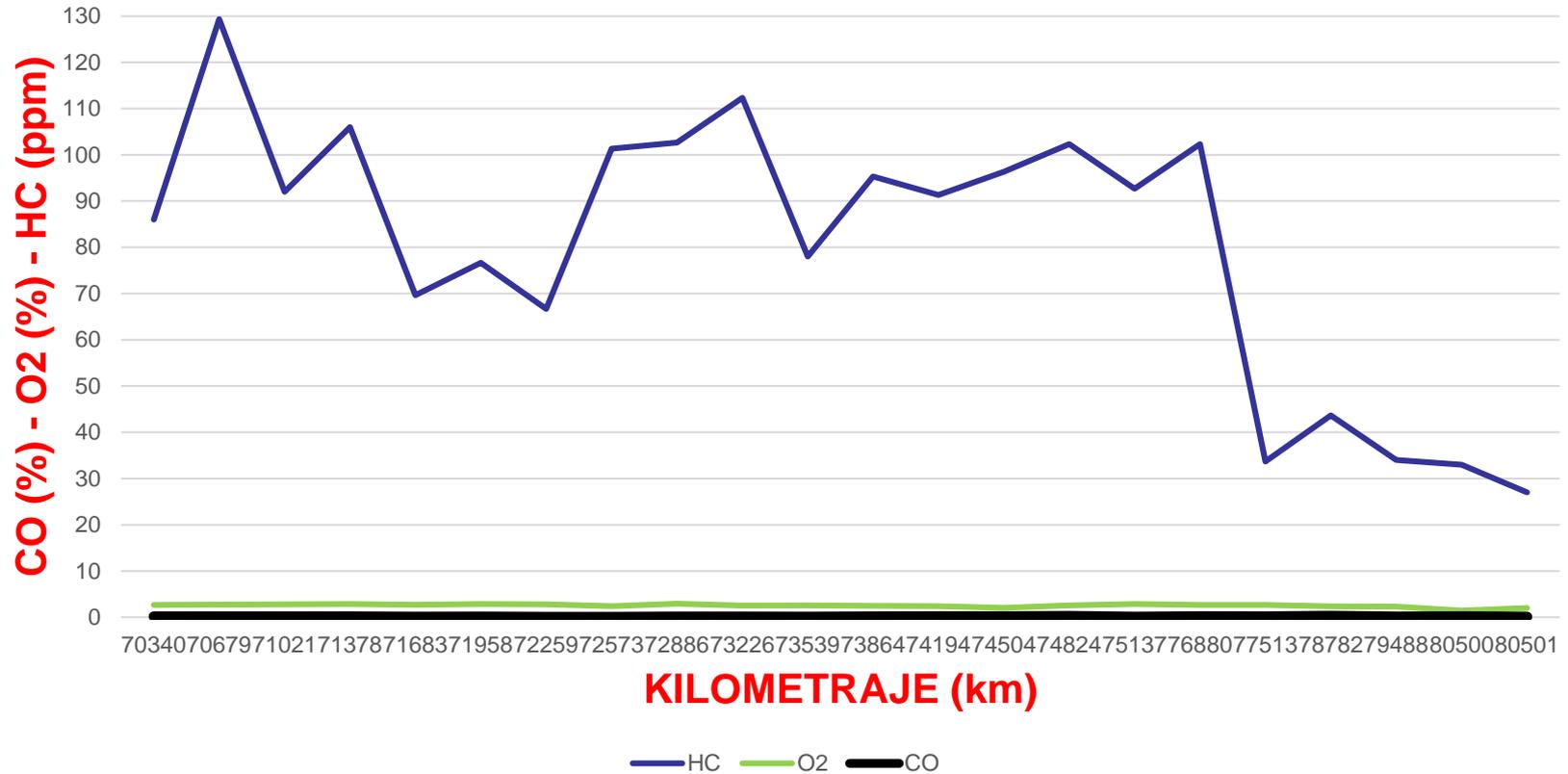


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TEST OFICIAL – catalizador tratado



CATALIZADOR NUEVO



Conclusiones

- Se analizó la recuperación de convertidores catalíticos, respecto al proceso de oxidación – reducción con pruebas estáticas y dinámicas en diferentes ciclos de circulación urbanos y extraurbanos
- Se fundamentó científicamente las fuentes bibliográficas confiables, los diferentes tipos de sistemas de limpieza, tratamiento y reutilización de los catalizadores automotrices de 2 y 3 vías que avalé el procedimiento efectuado en el proyecto de titulación
- Se aplicó un método de limpieza y tratamiento técnico – científico para convertidores catalíticos de desecho, a través de un protocolo de prueba, considerando rangos idóneos de temperaturas programada, flujo de gases inertes nitrógeno y oxígeno, que permitan la reutilización de los mismos.



Conclusiones

- Se calibró los analizadores de gases, mediante una certificación por parte de la empresa representante en el país de las marcas de los equipos acorde a los parámetros fijados y establecidos por el fabricante.
- Se ejecutó ensayos de test oficial de medición de emisiones acordes a las normativas vigentes aplicada en los Centros de Revisión Técnica Vehicular
- El tratamiento de limpieza aplicado al reciclaje de catalizadores de uso automotriz, mejoró el proceso de oxidación- reducción y permitió obtener un ratio de eficiencia de conversión catalítica del 90% para el control de emisiones de hidrocarburos y óxidos nitrosos para catalizadores de 2 y 3 vías



Conclusiones

- Se realizó pruebas dinámicas – ciclos extraurbanos a un catalizador de desecho, y se analizó los valores iniciales y finales del ensayo, se obtienen como datos de partida valores de HC en 97.0 ppm, CO₂ en 12.0% y O₂ en 3.0%; Mientras tanto a una velocidad de 130 km/h, se observa registros de emisiones de hidrocarburos no combustionados 180.6 ppm, dióxidos de carbono 9.5% y oxígenos 2.8%, determinando deficiente el proceso de oxidación – reducción, consecuencia de una disminución en 0.2% los O₂, cuando la relación ideal dicta que aumente conjuntamente con los HC en tanto los CO₂ disminuyan.



Conclusiones

- La relación de hidrocarburos no combustionados junto a dióxidos de carbono y oxígenos, se observó, en la prueba extraurbana catalizador nuevo, en diferentes rangos de velocidad, a 130 km/h emisiones de HC en 200.6 ppm, CO₂ en 10.5% y O₂ en 3.5%; mientras tanto a 70 km/h la generación de subproductos de la combustión de HC 56.7 ppm, CO₂ 12.1% y O₂ en 2.1%; estableciendo la proporcionalidad en el control de agentes contaminantes del CO₂ como indicativo de una combustión adecuada, a partir del incremento del 1.6% para una disminución de 143.9 ppm, que representa el 71% en el control de emisiones



Conclusiones

- El catalizador de desecho en las pruebas dinámicas – zona urbana presentó en los tramos intermedios del ensayo, valores de 11.8% dióxido de carbono, 1.8% oxígeno y 101.1 ppm hidrocarburos no combustionados, respecto a sus mediciones finales, existe emisiones de 11.3% CO₂, 4.3% O₂ y 95.3 ppm HC, lo cual establece una combustión inadecuada, siendo la proporcionalidad en el control de agentes contaminantes deficiente, debido a la disminución en 0.5% de CO₂ cuando los hidrocarburos disminuyen de igual forma c



Conclusiones

- Los valores de hidrocarburos no combustión, oxígeno, dióxido de carbono en las pruebas dinámicas para un catalizador nuevo en ciclos urbanos, en los 120 segundos de ensayo, son 79.5 ppm, 5.6% y 0,2% respectivamente, en relación a los 1800 segundos, se visualizó valores de 53.3 ppm HC, 1.8% O₂ y 0.3% CO₂, afirmando un proceso de oxidación – reducción eficiente, ya que se cumple con la característica esencial de O₂ - HC disminuyan y CO₂ aumenten conjuntamente en el mismo intervalo de tiempo y velocidad



Conclusiones

- El catalizador de desecho acumuló gran cantidad de material producto de los gases de combustión, el cual hace que su eficiencia baje y necesite un tratamiento de limpieza, para mejorar sus características y su óptimo desempeño
- Se determinó una producción baja de hidrocarburos no combustionados y valores que están fuera de los límites aceptables para cada gas estudiado, en consecuencia, de un factor lambda inadecuado, siendo una mezcla pobre, en un catalizador de desecho.
- Se aplicó un tratamiento de limpieza con la inserción de gases inertes junto con un mantenimiento preventivo y correctivo del catalizador de desecho, visualizando una mejora prominente del catalizador, en su proceso catalítico de disminución de gases contaminantes.



Conclusiones

- Se obtuvo una mezcla estequiométrica lambda ideal aplicado el tratamiento de limpieza, lo que provocó una reducción de oxígenos llegando a valores inferiores del 3%, los monóxidos de carbono (CO) se mantienen muy bajos con valores del 0,01% en algunos caso y la producción de hidrocarburos es baja con una mezcla ideal, lo que conlleva a determinar que el tratamiento de limpieza fue correcto.
- Finalizado el tratamiento de limpieza se logró la recuperación del 80% del catalizador de desecho alcanzando un rendimiento óptimo de más del 90% de fiabilidad en su función de reducir gases contaminantes



Recomendaciones

- La investigación se puede continuar bajo parámetros de análisis del comportamiento de los diferentes sensores y actuadores que posee el automóvil por medio de diagnóstico a bordo OBDII y comportamiento del motor de combustión interna al ser sometido a pruebas de emisiones estáticas y dinámicas cumpliendo con los protocolos vigentes.
- Realizar pruebas para la determinación de la curva de calentamiento y enfriamiento del convertidor catalítico en las zonas de mayor temperatura del país como lo es la zona 4 o zona 8 y estudiar el comportamiento del catalizador en los procesos de oxidación y reducción de un analizador de gases.



Recomendaciones

- Comparar los resultados de emisiones contaminantes del convertidor catalítico tratado con un catalizador de alto flujo en pruebas estáticas modificando el sistema de escape del vehículo de prueba y la utilización de tubos de escape individuales o headers.
- Aplicar el procedimiento armonizado Característico del desarrollo del ciclo en conducción por medio del método SAE International 961112.
- Tabular los datos obtenidos de las pruebas realizadas, en base a las normativas NTE INEN 2349:2003, SAE ISO/IEC 17025:2006 y EURO III bajo la consideración de la calidad de los combustibles en el Ecuador.
- Relacionar los resultados obtenidos con los métodos de referencia EPA CTM 34. 40 CFR, 1999, ISO 15031-5 / SAE J1979, SAE J2012, y ISO 8178



Recomendaciones

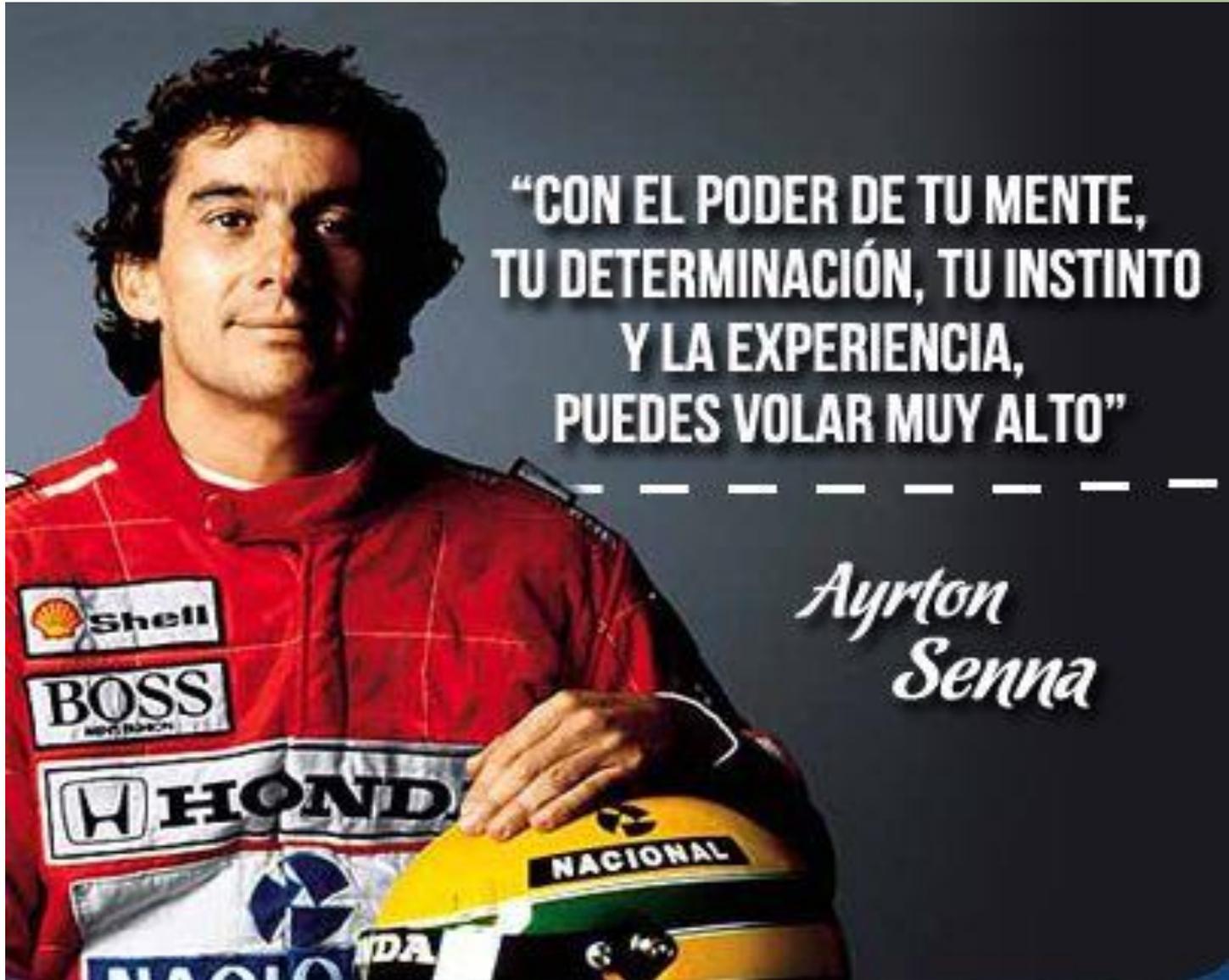
- Después del proceso de tratamiento se recomienda tomar muestras del monolito tratado para posteriores análisis de pruebas en laboratorio.
- Se puede realizar un análisis termogravimétrico con las muestras del monolito del catalizador tratado para conocer el porcentaje de carbón que existe en su interior.
- Elaborar una prueba de microcopía electrónica de barrido para obtener datos del tamaño y forma de las partículas del monolito.
- En base a la prueba de quimisorción de hidrógeno se podrá conocer el porcentaje del metal precioso que sigue cumpliendo con sus diferentes funciones tanto de oxidación como de reducción al interior del monolito.



Recomendaciones

- Determinar las temperaturas adecuadas con las cuales se generan los procesos de oxidación y reducción cumpliendo con la fase activa de los metales nobles.
- Observar los termogramas TCD del monolito de muestra obtenidos con la realización de pruebas de reducción y oxidación a temperatura programada (TPR y TPO).
- Realizar la prueba de espectroscopía de dispersión por rayos x para determinar la presencia de algún elemento no perteneciente a los metales nobles al interior del monolito.
- Investigar acerca de máquinas de limpieza para catalizadores automotrices que se encuentren dentro del país para facilitar los estudios y pruebas de emisiones.





**“CON EL PODER DE TU MENTE,
TU DETERMINACIÓN, TU INSTINTO
Y LA EXPERIENCIA,
PUEDES VOLAR MUY ALTO”**

*Ayrton
Senna*



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA