



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Análisis de las emisiones de gases de vehículo Rav4 híbrido (tiempo y RPM) para comparar el grado de contaminación con vehículo Rav4 convencional, Jaén, 2019

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Avellaneda Rufasto, Johon Smith (ORCID: 0000-0003-3583-1106)

ASESOR:

Dr. Carranza Montenegro, Daniel (ORCID: 0000-0001-6743-6915)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

CHICLAYO - PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mi Madre, Padre, por apoyarme de forma incondicional y así poder lograr un gran objetivo en mi vida ya que sin el apoyo de ellos no hubiese sido posible lograr tal meta de igual manera a Dios ya que me ha brindado claridad en mi vida para seguir avanzando día a día
Gracias

AGRADECIMIENTO

Primeramente, le agradezco a Dios por guiarme por un buen camino desde el día que empecé este camino universitario el cual hasta el momento gracias a él lo he sabido llevar de buena forma.

A la universidad Cesar Vallejos por brindarme la oportunidad de seguir avanzando profesionalmente y así seguir creciendo en mi línea de carrera de igual manera a nuestros docentes que nos han ido formando en este camino.

A mis padres, que han sido el soporte y mi motivación para seguir en la lucha por lograr este objetivo tan importante en mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.	5
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	14
3.2. Variables y operacionalización:	14
3.3. Población, Muestra y muestreo	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Procedimientos.....	16
3.6. Método de análisis de datos.	16
3.7. Aspectos éticos.	16
IV. RESULTADOS.....	17
4.1. Describir los estándares de las emisiones de los vehículos de acuerdo a la reglamentación vigente en el Perú.	17
4.1.1. Antecedentes de Normativa de Límites Máximos Permisibles.	17
4.2. Describir el funcionamiento del motor eléctrico y del MCI, a diferentes condiciones de operación del vehículo Toyota rav4.	21
4.2.1. Características de Vehículo de Prueba.	21
4.3. Realizar las mediciones de las emisiones del vehículo Híbrido rav4 en la ciudad de Jaén, para las diferentes condiciones de funcionamiento.....	36
4.3.1. Mediciones en la condiciones de funcionamiento.....	36
4.3.2. Resultados de las mediciones de análisis de gases.	37
4.3.3. Análisis de las mediciones realizadas.....	41
4.4. Analizar la disminución de las emisiones de los gases de escape entre el vehículo híbrido y el convencional.	45
4.4.1. Comparación de emisiones de Monóxido de Carbono.	46

4.4.2. Comparación de emisiones de Hidrocarburos No Quemados (HC).	48
4.4.3. Comparación de emisiones de Dióxido de Carbono y Monóxido de Carbono.....	50
V.DISCUSIÓN	53
VI. CONCLUSIONES	57
VII. RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS	61
Anexo 1. Declaratoria de autenticidad (autores)	61
Anexo 2. Declaratoria de autenticidad (asesor).....	62
Anexo 3. Matriz de operacionalización de variables	63
Anexo 4. Instrumento de recolección de datos.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Precios de Unidades Vehiculares, 2018.....	3
Tabla 2. Estándares de calidad de aire en ciudades.....	13
Tabla 3. Límites máximos permisibles para vehículos nuevos que se incorporen al parque automotor.	18
Tabla 4. Límites máximos permisibles para vehículos nuevos para transporte de pasajeros, que utilizan gasolina / GLP.....	18
Tabla 5. Límites máximos permisibles para vehículos nuevos, en función a la altitud sobre el nivel del mar	19
Tabla 6. Límites máximos permisibles para vehículos nuevos para transporte de pasajeros, que utilizan gasolina / GLP.....	19
Tabla 7. Límites máximos permisibles, por año de fabricación.	20
Tabla 8. Ficha Técnica Toyota rav4	21
Tabla 9. Modo de Operación vehículo detenido.....	24
Tabla 10. Modo de Operación vehículo en arranque.....	24
Tabla 11. Modo de Operación vehículo en marcha inicial	25
Tabla 12. Modo de Operación vehículo en aceleración suave	25
Tabla 13. Modo de Operación vehículo Aceleración Fuerte.....	26
Tabla 14. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba, dentro de la ciudad.	27
Tabla 15. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba, dentro de la ciudad.	28
Tabla 16. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba, dentro de la ciudad.	29
Tabla 17. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba, dentro de la ciudad.	30
Tabla 18. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba en carretera	32
Tabla 19. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba en carretera	33
Tabla 20. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba en carretera	34
Tabla 21. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba en carretera	35
Tabla 22. Condiciones de Funcionamiento de Vehículo Híbrido	37
Tabla 23. Vehículos híbridos y convencionales de prueba.	37
Tabla 24. Resultados de mediciones de análisis de gases.....	38
Tabla 25. Resultados de mediciones de análisis de gases.....	39
Tabla 26. Resultados de mediciones de análisis de gases.....	40

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Normas EURO.....	2
Figura 2. Flujo de energía vehículo híbrido.....	8
Figura 3. Vehículo Híbrido Serie.....	8
Figura 4. Vehículo Híbrido Paralelo.....	9
Figura 5. Tendencia de los gases de escape a diferentes factores Lambda.	12
Figura 6. Configuración Vehículo Híbrido Mixto.	23
Figura 7. Emisiones de CO de Vehículo Híbrido a diferentes RPM del motor.	41
Figura 8. Emisiones de CO de Vehículo Convencional a diferentes RPM del motor.	42
Figura 9. Emisiones de HC de Vehículo híbrido a diferentes RPM del motor.....	43
Figura 10. Emisiones de HC de Vehículo Convencional a diferentes RPM del motor.....	43
Figura 11. Emisiones de CO ₂ y CO de Vehículo Híbrido a diferentes RPM del motor.....	44
Figura 12. Emisiones de CO ₂ y CO de Vehículo Convencional a diferentes RPM del motor.	45
Figura 13. Comparación de emisiones de CO a 1200 RPM.....	46
Figura 14. Comparación de emisiones de CO a 1800 RPM.....	47
Figura 15. Comparación de emisiones de CO a 3200 RPM.....	48
Figura 16. Comparación de emisiones de HC a 1200 RPM.....	48
Figura 17. Comparación de emisiones de HC a 1800 RPM.....	49
Figura 18. Comparación de emisiones de HC a 3200 RPM.....	50
Figura 19. Comparación de emisiones de CO ₂ + CO a 1200 RPM.	51
Figura 20. Comparación de emisiones de CO ₂ + CO a 1800 RPM.	51
Figura 21. Comparación de emisiones de CO ₂ + CO a 3200 RPM.	52

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

C0	:	Monóxido de Carbono
C02	:	Dióxido de Carbono
RPM	:	Revoluciones por minuto
P	:	Potencia del motor en kW
b	:	Consumo específico de combustible del motor en g/Kw
z:	:	Cantidad de cilindros del motor
l	:	Factor Lambda
HC	:	Hidrocarburos no quemados
NOX	:	Oxido de nitrógeno
GLP.	:	Gas Licuado de petróleo
GNV	:	Gas Natural Vehicular
LMP	:	Límites Máximos Permitidos.
PST	:	Partículas suspendidas totales
S02	:	Dióxido de azufre
O3	:	Ozono

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado análisis de emisiones de gases de vehículo rav4 híbrido (tiempo y rpm) para comparar el grado de contaminación con vehículo rav4 convencional, Jaén, 2019, está enmarcado dentro los aspectos de mitigación de los impactos de la contaminación del aire por el transporte público, el análisis de las emisiones de éstas unidades que ingresan al parque automotor de la ciudad de Jaén, permitió determinar en qué medida disminuyen los niveles de emisiones de CO₂ al medio ambiente.

En principio se hizo la descripción de los estándares de las emisiones de los gases de escape de los vehículos de acuerdo a la reglamentación vigente en el Perú, y luego con la recopilación de información en lo referente al funcionamiento de lo vehículo de prueba Toyota rav4, híbrido, es decir el tiempo de funcionamiento del motor de combustión interna y del motor eléctrico a diferentes condiciones de operación del vehículo, circulando dentro de la ciudad y en carretera.

Se hicieron las mediciones de las emisiones de los gases de escape, de los vehículos híbridos y convencionales, para tres velocidades de giro del motor, 1200,1800 y 3200 RPM, de acuerdo a lo establecido por el D.S 047 MTC 2001, con un equipo analizador de gases calibrado.

Finalmente se hizo la comparación entre las emisiones de gases de escape entre un vehículo híbrido y convencional Toyota rav4, Se determinó que existe la tendencia que para el monóxido de carbono, éste gas se produce en mayor cantidad en los vehículos convencionales. Para el caso de los hidrocarburos no quemados, los mayores valores son para los vehículos convencionales. En el caso de la suma de CO₂ y CO, la mayor cantidad se dio en los vehículos híbridos, es decir la combustión es cercana a ser completa.

Palabras Clave: Vehículo híbrido, nivel de emisiones, condiciones de funcionamiento de vehículo híbrido.

ABSTRACT

The present research work known as the analysis of greenhouse gas emissions in Toyota rav4 hybrid (time and rpm) to compare the degree of contamination with conventional vehicle, Jaén, 2019, it is framed within the aspects of mitigation of the impacts of air pollution by the public transport, the analysis of emissions of these units that enter the fleet from the city of Jaen, allowed us to determine to what extent lower levels of CO₂ emissions to the environment.

In principle, the description of the standards of emissions of exhaust gases from vehicles was made according to the regulations in force in Peru, and then with the compilation of information regarding the operation of the Toyota rav4 test vehicle. , hybrid, that is, the operating time of the internal combustion engine and the electric motor at different operating conditions of the vehicle, circulating within the city and on the highway.

Measurements of exhaust gas emissions were made, for hybrid and conventional vehicles, for three engine rotation speeds, 1200,1800 and 3200 RPM, in accordance with the provisions of DS 047 MTC 2001, with a team calibrated gas analyzer.

Finally, the comparison between exhaust gas emissions between a hybrid and conventional Toyota rav4 vehicle was made. It was determined that there is a trend that for carbon monoxide, this gas is produced in greater quantity in conventional vehicles. In the case of unburned hydrocarbons, the highest values are for conventional vehicles. In the case of the sum of CO₂ and CO, the greatest amount occurred in hybrid vehicles, that is, combustion is close to being complete.

Keywords: Hybrid vehicle, emissions level, hybrid vehicle operating conditions.

I. INTRODUCCIÓN.

El ingreso de los vehículos híbridos a la ciudad de Jaén a partir del año 2018, es el inicio de la transformación del parque automotor no sólo en la ciudad de Jaén, sino en las diferentes ciudades del país; teniendo en cuenta que éstas unidades tienen una tecnología que ofrece mayores prestaciones, así como también menor consumo específico de combustible, y por ende menores niveles de emisiones de gases de escape; y es ésta última variable motivo de la investigación, que es determinar cómo los vehículos híbridos inciden en la disminución de la contaminación del aire de la ciudad.

El medio ambiente en las ciudades con alto congestionamiento vehicular, constituye el primer factor de contaminación del aire atmosférico; el uso de las unidades vehiculares híbridas, no sólo es una necesidad económica de reducción de los costos operativos, sino que en gran medida reducen las emisiones de gases de escape debido a que los tiempos de funcionamiento del motor de combustión interna se reducen de acuerdo a las condiciones de funcionamiento del vehículo. (Ministerio del Ambiente, 2018, p.8).

Esta realidad se viene implementado en países que tienen legislación más estricta comparada con las del Perú. Los vehículos que están identificados con la denominación "ECO", son los vehículos híbridos que tienen una autonomía menores a 40 Kilómetros de recorrido. La etiqueta C se aplica a los vehículos dedicados al turismo o automóviles que utilizan gasolina para su funcionamiento, como también para los camiones que utilizan el Diésel como combustible. La etiqueta B, es para vehículos de año de fabricación antes del 2006, y los que no presentan etiqueta son para vehículos anteriores al año 2000. En la figura 2, se muestran las etiquetas que se asignan a los vehículos en España. (Dirección General de Tráfico DGT, 2015, p.13)

Las emisiones de los gases de escape de las unidades vehiculares en Europa, está regulada por las normas EURO, los cuales determinan los límites máximo de emisiones contaminantes hacia el medio ambiente. En la figura 1, se muestra la evolución de los límites máximos exigibles por la normas EURO, y se aprecia que a medida que aparece una nueva versión de la norma EURO, los valores exigibles de emisiones disminuyen. (PETROBRAS, 2018, p.3)

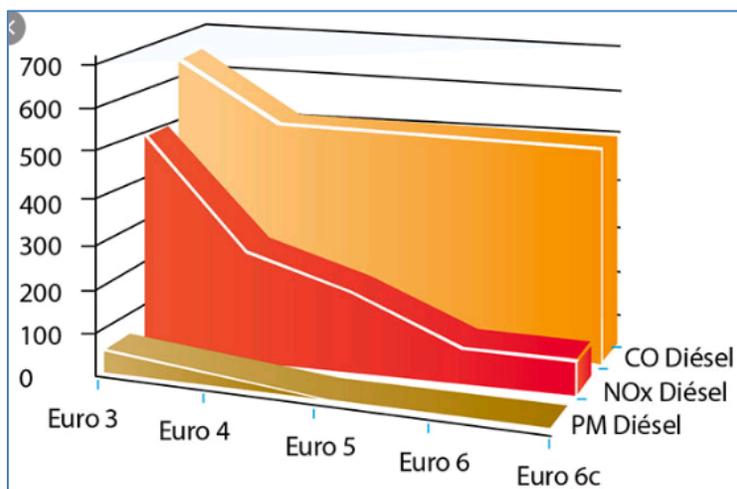


Figura 1. Normas EURO

Fuente: PETROBRAS, 2018

En el Perú, una de las razones por las cuales no se ha masificado el uso de los automóviles híbridos es por los altos costos de adquisición de la unidad, a pesar que tienen consumos específicos de combustibles menores a los comparados con los vehículos tradicionales. Las emisiones de los gases hacia el medio ambiente, se reducen en función a los tiempos de funcionamiento de éstos. En la tabla 1, se muestran los precios de las unidades vehiculares híbridos. (Asociación Automotriz del Perú, 2017, p.3)

Tabla 1. Precios de Unidades Vehiculares, 2018

N°	Marca	Modelo	Precio (S/.)
1	Toyota	Prius	72600
2	Hyundai	IONIQ	77700
3	Nissan	Leaf	98000

Fuente: Concesionarios Automotrices, Chiclayo

La Marca Toyota introdujo la tecnología híbrida al Perú con el Prius Sedán, a partir de la segunda década del nuevo milenio. Tuvieron este único modelo durante tres años hasta que el 2012 presentaron el Prius C, una versión más pequeña. En Lexus hace tres años también trajeron una primera versión del CT200h y el 2014 presentaron un modelo más evolucionado en el Motorshow. Este modelo es el que ahora está en el mercado. El año pasado esta marca donó 171 autos híbridos, entre Prius y Lexus, al gobierno peruano para ser usados durante las sesiones de la COP 20 realizada en Lima. (Toyota del Perú, 2015, p.4).

La formulación el problema de investigación es: ¿Determinar el grado de contaminación ambiental en la ciudad de Jaén, realizando el análisis de las emisiones de gases del vehículo Toyota rav4 hibrido con respecto a un vehículo Toyota rav4 convencional?

El presente proyecto de investigación se justifica de manera ambiental, debido a que uno de los mayores contaminantes del ambiente en la ciudad de Jaén son los vehículos automotrices, por lo tanto si se reduce las emisiones de los gases de escape, el grado de contaminación en la ciudad de Jaén será menor. Económicamente se justifica la investigación, porque al tener conocimiento de la reducción del grado de contaminación ambiental de la ciudad de Jaén, se incentiva a que la adquisición de estas unidades sea atractivo, con menores consumos específicos de combustible, como consecuencia de ello, menores costos operativos para los propietarios de los vehículos híbridos.

En el ámbito social se justifica, debido a que el estudio contempla en evaluar los niveles de contaminación por emisión de gases de escape producto de la combustión, y que al tener una ciudad con meno emisiones, la población tiene un ambiente en mejores condiciones, lo cual repercute en la salud por la aspiración de aire con bajos niveles de gases tóxicos.

El Objetivo General de la investigación es analizar las emisiones de gases de un vehículo Toyota rav4 hibrido en función del tiempo y las rpm para comparar el grado de contaminación con el vehículo rav4 convencional, en la ciudad de Jaén, para lo cual se plateó cuatro objeticos específicos que son:

- Describir los estándares de las emisiones de los vehículos de acuerdo a la reglamentación vigente en el Perú.
- Describir el funcionamiento del motor eléctrico y del MCI, a diferentes condiciones de operación del vehículo Toyota rav4.
- Realizar las mediciones de las emisiones del vehículo Híbrido rav4 en la ciudad de Jaén, para las diferentes condiciones de funcionamiento.
- Analizar la disminución de las emisiones de los gases de escape entre el vehículo hibrido y el convencional.

La hipótesis que se plantea es: “El análisis de las emisiones de gases de vehículo híbrido rav4, compararía el grado de contaminación con respecto a vehículo rav4 convencional, en la ciudad de Jaén, 2019”.

II. MARCO TEÓRICO.

En el Perú, el ingreso de Vehículos Híbridos a diferentes ciudades, está en proceso de implementación, por lo cual no se tiene estudios del impacto positivo que causan al medio ambiente; en el plano internacional, existen investigaciones que analizan el grado de contaminación de éstas unidades, es por ello que se utilizan informaciones relevantes para el desarrollo de éste trabajo de investigación, entre los cuales se menciona:

La Marca Toyota introdujo la tecnología híbrida al Perú con el Prius Sedán, a partir de la segunda década del nuevo milenio. Tuvieron este único modelo durante tres años hasta que el 2012 presentaron el Prius C, una versión más pequeña. En Lexus hace tres años también trajeron una primera versión del CT200h y el 2014 presentaron un modelo más evolucionado en el Motorshow. Este modelo es el que ahora está en el mercado. El año pasado esta marca donó 171 autos híbridos, entre Prius y Lexus, al gobierno peruano para ser usados durante las sesiones de la COP 20 realizada en Lima. (Toyota del Perú, 2015, p.4).

En el 2017, se lanzó al mercado el Sistema Hybrid Synergy Drive, desarrollado por la marca de autos Japonesa Toyota, el cual es un sistema de propulsión, en el que se combina un término denominado: la sinergia perfecta, en el cual intervienen dos fuentes diferentes de energía: motor eléctrico y motor de gasolina. A velocidades menores a 50Km/h utiliza el motor eléctrico, que son alimentadas por un banco de baterías.

La tesis de grado denominado: “Análisis de rendimiento, consumo y emisiones generadas por los vehículos híbridos.”, presentado a la Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador , menciona en su resumen: que a la necesidad de disminuir los gases que se vierten al medio ambiente por la combustión de los motores térmicos de los vehículo automotores, y debido a los altos costos de los

hidrocarburos, que en los último años se han incrementado no sólo por el incremento del costo del barril de petróleo a nivel mundial sino también por los impuestos que cada país cobra a sus connacionales, se han visto alternativas con el fin de buscar otras fuentes de energía, incluso mejorando su valor de eficiencia. La denominación de vehículos híbrido a aquellos vehículos que utilizan dos motores para el funcionamiento de la unidad, un motor de combustión interna, que realiza el ciclo termodinámico otto y otro generador y/o motor eléctrico que genera la energía mecánica en eléctrica y viceversa.

El motor eléctrico recibe energía eléctrica de un banco de baterías, los cuales almacenan energía eléctrica, a través de la carga que realiza un alternador de energía. Así mismo obtiene energía mecánica a través de los frenos regenerativos que se instalan en el sistema de transmisión del vehículo.

Los elementos que conforman el vehículo híbrido, son el motor térmico que utiliza la gasolina como combustible, el denominado motor generador que utiliza la energía mecánica del motor de combustión interna, el sistema automático de transmisión mecánica, el cual combina el uso de la energía de los dos motores del vehículo híbrido, y el banco de baterías, el cual es cargado por la energía que proviene del generador eléctrico del sistema propuesto.

Actualmente se tiene varias configuraciones de intercambio de energía en lo vehículos híbridos, configuración serie, configuración paralelo y configuración mixta, las configuraciones determinan la forma como se intercambia la energía que se genera en el motor de combustión para la transmisión hacia el sistema de transmisión del vehículo. Las diversas configuraciones se han ido modificando, hasta alcanzar actualmente ahorro de combustible del 60% si es comparado con un vehículo convencional. (CASTRO, 2014)

El trabajo de investigación denominado: “Diseño, implementación y análisis de un prototipo de vehículo híbrido”, presentado a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, Guayaquil - Ecuador, menciona en su resumen:

La propuesta de diseño es la de un vehículo híbrido, que tiene un motor de gasolina (motor de combustión interna) y un motor eléctrico. Se realizó la combinación del funcionamiento del vehículo, con el flujo de energía mecánica y eléctrica, siendo la configuración en paralelo, la forma de su acoplamiento. La forma de combinar estos dos motores es mediante una configuración en paralelo donde ambos contribuyen a la tracción del vehículo, es decir funciona con una doble transmisión, una para el motor de combustión interna y otra para el motor eléctrico.

El motor de gasolina, tiene la función de garantizar la velocidad a plena carga, es decir cuando se da la máxima aceleración, dentro de un radio amplio de utilización. El accionamiento del vehículo con motor eléctrico se da más en la ciudad, en el cual la velocidad promedio es de 40 kilómetros por galón, con un radio limitado de utilización, debido a que consume la energía eléctrica almacenada en las baterías del vehículo. (Alcívar, 2016, p.56).

En la tesis de grado denominado: “Hacia un transporte automotor racional y eficiente: Autos Híbridos y Eléctricos” presentado a la Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay, presenta en su resumen que el uso de motores de combustión interna en los vehículos híbridos (que no se alimentan de la red eléctrica) representa la única fuente de energía, por lo tanto el rendimiento de los mismos condiciona el rendimiento de todo el vehículo. Es claro que para los vehículos a gasolina (nafta) el uso de motores de ciclo Otto no es una buena opción, en comparación con los motores de ciclo Atkinson, donde se obtienen rendimientos de consumo (km/l) 18 % mayores para carretera y 18,5 % mayores para ciclo urbano. En relación al uso de motores de combustión interna para propulsión vehicular, es interesante destacar que es una tecnología que tiene más de 100 años de desarrollo y que está altamente inserta en la cultura de nuestra sociedad. (Casaravilla, 2012, p.65).

En un vehículo híbrido, se entrega energía hacia las ruedas de los vehículos, por medio de la energía del motor de combustión interna y por medio un motor eléctrico. (Toyota del Perú, 2015, p.12).

La energía que recibe el motor eléctrico, proviene desde un generador de energía eléctrica. El generador de energía eléctrica es accionado por una transmisión automática tipo planetario, el cual genera energía eléctrica de corriente continua para que se almacene en un banco de baterías de litio. (Blass, 2014, p.13).

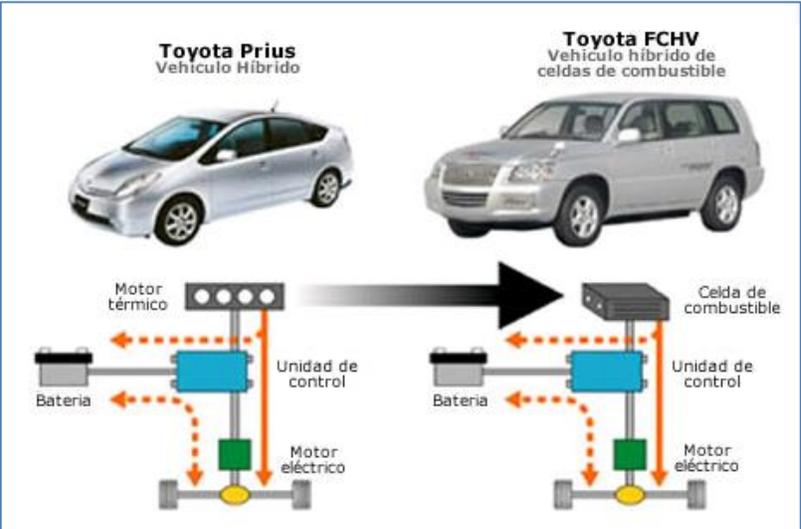


Figura 2. Flujo de energía vehículo híbrido

Fuente: Blass, 2014

Los vehículos híbridos serie, se muestra en la figura 3, el flujo de la energía.

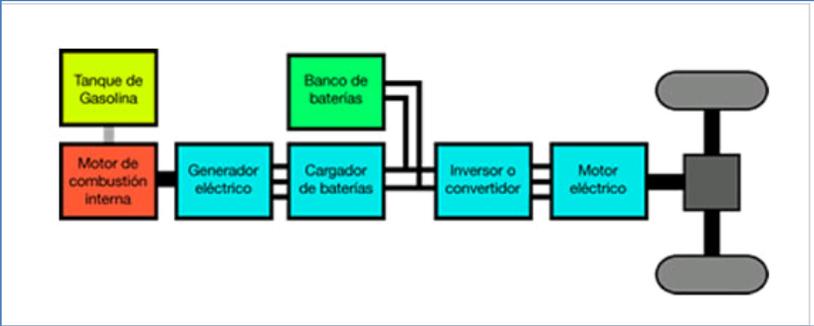


Figura 3. Vehículo Híbrido Serie

Fuente: Blass, 2014

La configuración del vehículo híbrido en paralelo, se muestra en la figura 4.

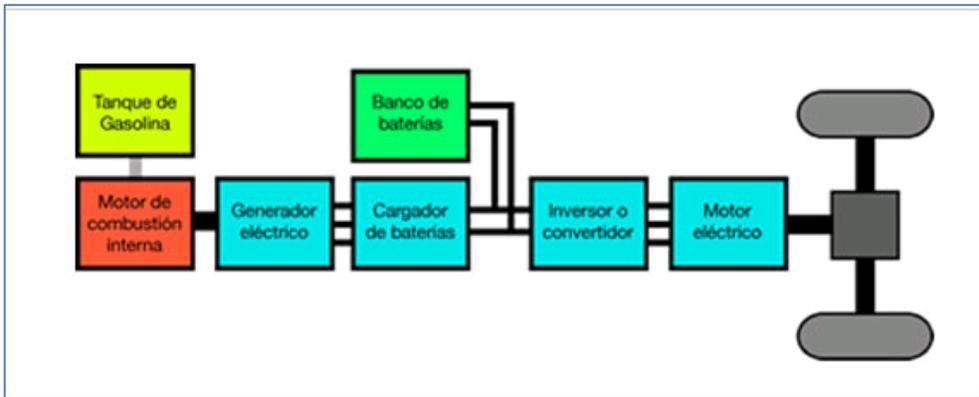


Figura 4. Vehículo Híbrido Paralelo

Fuente: Blass, 2014

El consumo específico de combustible en un vehículo, representa un indicador que determina que tan viable es la utilización para diferentes actividades, ya sea de índole particular o para el servicio público de transporte de pasajeros dentro de una determinada región o país. Es diferente el análisis en regiones diferentes de cada país, debido a aspectos de clima, de geografía, de costumbres, económico.

Una ecuación que determina el flujo másico de combustible que fluye en el interior de un vehículo es:

Pot: Potencia mecánica del motor.

t: Consumo de combustible por unidad de energía generada, en gramos / Kilowatt – hora.

m: Velocidad de rotación del motor en vueltas por minuto.

z: Número de cilindros del motor térmico.

El caudal volumétrico o también denominado caudal de inyección, que ingresa a la cámara de combustión, se determina con la expresión:

Pot: Potencia mecánica del motor.

t: Consumo de combustible por unidad de energía generada, en gramos / Kilowatt – hora.

m: Velocidad de rotación del motor en vueltas por minuto.

z: Número de cilindros del motor térmico.

.

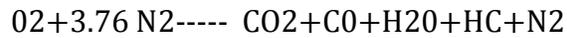
Densidad:

— [kg]

— [m³]

La ecuación de la combustión para los vehículos híbridos, están dadas por la combustión en el motor de gasolina, el cual en los reactivos se encuentra la gasolina y el aire y en los gases de la combustión, el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, el vapor de agua, los óxido de nitrógenos

de carbono+vapor de agua+ óxido de nitrógeno.



La composición química de la gasolina es de ocho moléculas de carbono y de 18 moléculas de hidrógeno, la del aire es de 21% de oxígeno, 78% de nitrógeno, la combustión se da por la adición de una chispa externa, la cual permite que la energía calorífica que se genera en el interior del cilindro sea aprovechado para el movimiento del pistón. (Bosch, 2014, p.12).

Relación estequiométrica, es la relación óptima entre la masa de aire que ingresa al motor y la masa de combustible que se emplea en la combustión, un valor de 14.7 Kg de aire por cada Kg de combustible, es cuando se realiza una mezcla estequiométrica, es decir la combustión es completa, sin embargo en la realidad los motores no funcionan con el valor de la relación estequiométrica, sino que varían en función a las condiciones de funcionalidad del vehículo. (Cengel 2009, p. 223).

El factor lambda λ determina si la mezcla está por encima o por debajo de la relación estequiométrica, y se determina con la expresión:



Y de acuerdo al valor del factor lambda, la mezcla será:

Si el valor $\lambda < 1$, es una mezcla rica

Si el valor $\lambda > 1$, es una mezcla pobre

Si el valor $\lambda = 1$, es una mezcla estequiométrica

En la figura 5, se muestra la tendencia de los gases de escape a diferentes valores del factor lambda, para los gases de la combustión: CO, CO₂, NO_x, O₂, HC, teniendo como referencia los diferentes regímenes de velocidad, y la relación aire combustible. (SENA Colombia, 2015, p.32)

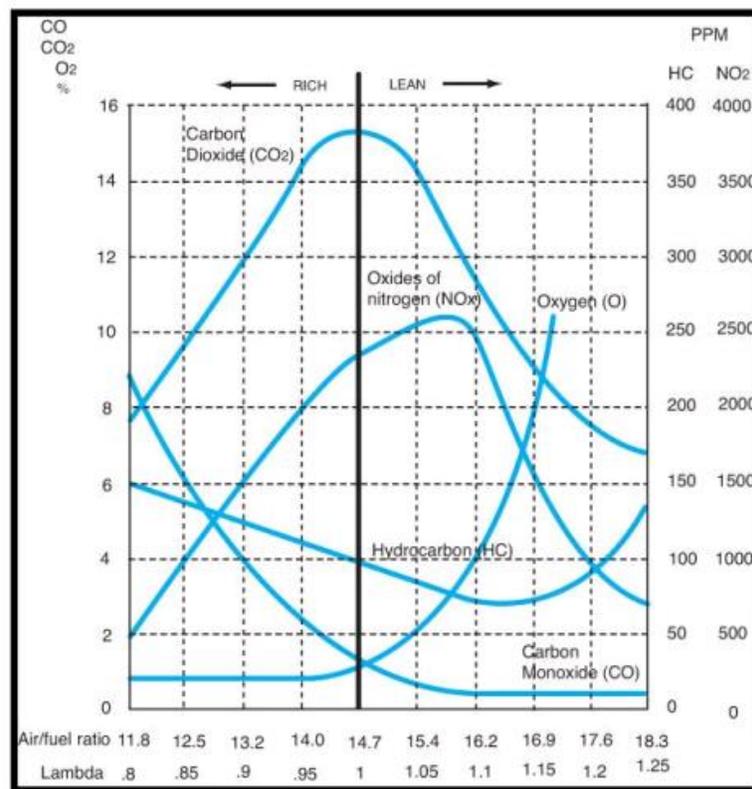


Figura 5. Tendencia de los gases de escape a diferentes factores Lambda.

Fuente: SENA Colombia, 2015

Los valores estándares del aire dentro de las ciudades, de acuerdo al tiempo de exposición, se muestra en la tabla 2, que establece la Norma de calidad Ambiental

Del Aire NA-AI-00 1 -03, entre los cuales destaca las emisiones de CO (Monóxido de carbono) por parte de los motores de combustión interna.

Tabla 2. Estándares de calidad de aire en ciudades

Contaminante	Periodo	Limite Permisible (ug /Nm2)
Cantidad de Partículas que están suspendidas totales en el aire (PST)	Año	80
	Día	230
Cantidad de Partículas fracción (PM -10)	Año	50
	Día	150
Cantidad de Partículas fracción (PM -2.5)	Año	15
	Día	65
SO ₂	Año	100
	Día	150
	Horario	450
NO ₂	Año	100
	Día	300
Ozono O ₃	8 horas	400
	1 Hora	250
CO	8 horas	10000
	1 Hora	4000
metano CH ₄	3 Horas	160
Plomo Pb	Tres meses	1.5
	Año	2

Fuente: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE NA-AI-00 1 -03,

III. METODOLOGÍA.

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación: Aplicada

La investigación es aplicada porque el análisis de emisiones de gases en Toyota rav4 Híbrido, determinó el grado de contaminación en Jaén por parte de los vehículos.

La Investigación aplicada tiene por objetivo determinar el grado de contaminación de los vehículos en la ciudad de Jaén, realizando el análisis de los gases de escape.

Diseño de la Investigación: Diseño No experimental.

La investigación se realizó tal como se observó, sin alterar ninguna variable. Se observó el fenómeno tal como existe, y en función a ello se analizó en el contexto natural y sus perspectivas en el tiempo.

3.2. Variables y operacionalización:

Variable independiente: Análisis de las emisiones de gases de un vehículo Toyota rav4 híbrida en función del tiempo y las rpm del motor.

Variable Dependiente: Grado de contaminación con respecto a vehículo convencional

3.3. Población, Muestra y muestreo, unidad de análisis.

Población: Vehículos Toyota rav4 híbridos de año de fabricación 2018, y Vehículos Toyota rav4 convencional.

Muestra: 4 Vehículos Toyota rav4 híbridos de año de fabricación 2018 y 4 Vehículos Toyota rav4 Convencional de año de fabricación 2018.

En anexo 4 se evalúa el tamaño de la muestra

Muestreo: Se hizo la selección de la muestra al azar, entre los vehículos Toyota rav4, Híbridos y Convencionales del año 2018

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En esta investigación se aplicaron las técnicas de recolección de datos: Observación y análisis documental.

La técnica de la observación, es una técnica de investigación que consiste en observar los valores de las emisiones de los gases de escape en el vehículo híbrido Toyota rav4

El Análisis Documental fue en lo referente a Reglamento Nacional de Vehículos. Vehículos Híbridos. Normativa de estándares de calidad del aire. Normativa de Emisiones de gases de escape.

Los Instrumentos de Recolección de Datos que se utilizaron:

Guías de observación de campo: Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba, dentro de la ciudad. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba, en carretera.

La validez de los instrumentos fue aprobada por tres especialistas en el área, quienes verificaron bajo que parámetros estará el diseño realizado

3.5. Procedimientos

El procedimiento para la determinación de la disminución de la contaminación del aire en la ciudad de Jaén , es de la medición de los gases de escape de los motores de los vehículos híbridos, de acuerdo a lo protocolos de medición que establece el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el Ministerio del Ambiente, El procedimiento para la determinación de la disminución de la contaminación del aire en la ciudad de Jaén, es de la medición de los gases de escape de los motores así como también al tiempo de funcionamiento de los motores de combustión interna a diferentes regímenes de velocidad, para luego realizar una proyección de contaminación con el incremento del parque automotor con vehículos híbridos, y con ello comparar lo niveles de contaminación del ambiente por los vehículos automotrices, y el grado de contaminación del aire de la ciudad de Jaén, cuando se implemente la circulación de vehículos híbridos.

3.6. Método de análisis de datos.

Los datos se analizaron entre los registros de emisiones de gases de escape, específicamente de dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno. Las ecuaciones de la combustión a diferentes regímenes de funcionamiento del motor, y los tiempos de funcionamiento de éste, para lo cual se utilizó el cálculo numérico y el Software Microsoft Excel, para el desarrollo de los mismos.

3.7. Aspectos éticos.

Se mantuvo la confidencialidad de los datos, de los antecedentes, no alterando la información obtenida.

IV. RESULTADOS.

4.1. Describir los estándares de las emisiones de los vehículos de acuerdo a la reglamentación vigente en el Perú.

4.1.1. Antecedentes de Normativa de Límites Máximos Permisibles.

- Decreto Supremo N° 047-2001-MTC.
- Decreto Supremo N° 009-2012-MINAM
- Constitución Política del Perú, Numeral 22 del artículo 2.
- Artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.
- Decreto Supremo N° 013-2016-MINAM

4.1.2. Normativa Vigente

Decreto supremo N° 010-2017-MINAM, de fecha 29 de Noviembre del 2017, emitido por el Ministerio de Ambiente.

La norma establece:

- a) Límites máximos permisibles para vehículos nuevos que se incorporen al parque automotor.

En la tabla 3, 4 y 5, se muestra los niveles de monóxido de carbono (en gr/Km), hidrocarburos no quemados HC (g/Km), y los Óxidos de nitrógeno NOx (g/Km), de acuerdo al año de aplicación, y al tipo de motor del vehículo.

Tabla 3. Límites máximos permisibles para vehículos nuevos que se incorporen al parque automotor.

Vehículos de pasajeros PBV < 2.5 Ton < 6 asientos								
Año de aplicación	Norma	Directiva	Tipo de motor	CO g/Km	HC + Nox (g/Km)	HC (g/km)	NOX (g/km)	PM (g/km)
2017 a marzo 2018	Euro III o de mayor exigencia	98/69EC(A)(2)	Chispa	2.3	-	0.2	0.15	-
			Compresión	0.64	0.56	-	0.5	0.05
Abril 2018 en adelante	Euro IV o de mayor exigencia	98/69EC(A)(2)	Chispa	1	-	0.1	0.08	-
			Compresión	0.5	0.3	-	0.25	0.025

Fuente: D.S. N° 010-2017-MINAM

Tabla 4. Límites máximos permisibles para vehículos nuevos para transporte de pasajeros, que utilizan gasolina / GLP.

Vehículos Livianos para el transporte de pasajeros < 12 asientos									
Año de aplicación	Norma	Ciclo	Tipo de motor /encendido	CO g/mi	HC + Nox (g/mi)	THC (g/mi)	NMHC (g/mi)	NOX (g/mi)	PM (g/mi)
2017 a marzo 2018	Tier 1 o de mayor exigencia	FTP	Gasolina	3.4	-	0.41	0.25	0.4	0.08
			GNV	3.4	-	-	0.25	0.4	0.08
			GLP	3.4	-	0.41	0.25	0.4	0.08
			Diesel	3.4	-	0.41	0.25	0.4	0.08
Año de aplicación	Norma	Ciclo	Tipo de motor /encendido	CO g/Km	NMOG (g/mi)	HCHO (g/km)	NOX (g/km)	PM (g/km)	
Abril 2018 en adelante	Tier 2 o de mayor exigencia	FTP	Gasolina	4.2	0.09	0.018	0.07	0.01	
			GNV						
			GLP						
			Diesel						

Fuente: Decreto supremo N° 010-2017-MINAM

Tabla 5. Límites máximos permisibles para vehículos nuevos, en función a la altitud sobre el nivel del mar

Vehículos categoría L3 L5 con motor por encendido por chispa de cuatro tiempos que usan gasolina GLP GNV como combustible			
Año de fabricación	Altitud (msnm)	CO (%)	HC (ppm)
Hasta 1995	0-1800	4.5	2000
	Mayor a 1800	4.5	2000
1996 a 2012	0-1800	4.5	2000
	Mayor a 1800	4.5	2000
2103 en adelante	A cualquier altitud	4.5	2000

Fuente: Decreto supremo N° 010-2017-MINAM

b) Límites máximos permisibles para vehículos usados que se incorporen al parque automotor.

Tabla 6. Límites máximos permisibles para vehículos nuevos para transporte de pasajeros, que utilizan gasolina / GLP.

Vehículos categoría L3 L5 con motor por encendido por chispa de cuatro tiempos que usan gasolina GLP GNV como combustible		
Año de fabricación	CO (%)	HC (PPM)
2013 en adelante	3.6	1600

Fuente: Decreto supremo N° 010-2017-MINAM

Así mismo, los centros de inspección técnico vehicular, realizan el análisis de los gases de escape de acuerdo a lo que estipula el Decreto Supremo N° 047-2001-MTC, se establece en el ámbito nacional, los valores de LMP de emisiones contaminantes para vehículos automotores en circulación, en el cual tiene un procedimiento para realizar la prueba:

- a) El control estático es un procedimiento de medición de las emisiones de los gases
- b) El control constará de una inspección visual, una prueba en marcha de crucero a revoluciones elevadas y una prueba en ralentí a revoluciones mínimas;
- c) El selector de transmisiones automáticas se encuentre en posición de estacionamiento (P) o neutral y en transmisiones manuales o semiautomáticas, esté en neutral y con el embrague sin accionar.
- d) Prueba en marcha de crucero a revoluciones elevadas Se deberá conectar el tacómetro del equipo de medición al sistema de ignición del motor del vehículo y efectuar una aceleración a $2,500 \pm 250$ revoluciones por minuto, manteniendo ésta durante un mínimo de 30 segundos.

En la tabla 7, se muestran los valores establecidos para el monóxido de carbono, los hidrocarburos no quemados y la suma de monóxido y dióxido de carbono, en función a los años de fabricación de las unidades vehiculares.

Tabla 7. Límites máximos permisibles, por año de fabricación.

Año de fabricación	CO (%) de volumen	HC (PPM)	CO + CO ₂ (Mínimo)
Hasta 1995	3	400	10
1995 en adelante	3.5	300	10
2003 en adelante	0.5	100	12

Fuente: Decreto Supremo N° 047-2001-MTC

4.2. Describir el funcionamiento del motor eléctrico y del MCI, a diferentes condiciones de operación del vehículo Toyota rav4.

4.2.1. Características de Vehículo de Prueba.

El vehículo de prueba es un Vehículo Toyota rav4 híbrido, en la tabla 8, se muestra la ficha técnica de la unidad vehicular.

Tabla 8. Ficha Técnica Toyota rav4

Prestaciones y consumos homologados	
Velocidad máxima	180 km/h
Aceleración 0-100 km/h	8,4 s
Consumo WLTP	
Combinado	5,5 l/100 km
Normativa de emisiones	Euro 6
Dimensiones, peso, capacidades	
Tipo de Carrocería	Todoterreno
Número de puertas	5
Longitud	4.600 mm
Anchura	1.855 mm
Altura	1.685 mm
Batalla	2.690 mm
Vía delantera	1.610 mm
Vía trasera	1.640 mm
Coefficiente Cx	0,32
Superficie frontal	No disponible
Factor de resistencia	No disponible
Peso	1.665 kg

Tipo de depósito	
Gasolina	55 l
Volúmenes de maletero	
Volumen con una fila de asientos disponible	1.690 litros
Volumen mínimo con dos filas de asientos disponibles	580 litros
Número de plazas	5
Distribución de asientos	2 + 3
Resumen del sistema de propulsión	
Potencia máxima	218 CV / 160 kW
Motor de Combustión	
Propósito	Impulsar el vehículo
Combustible	Gasolina
Potencia máxima	177 CV / 130 kW
Revoluciones potencia máxima	6.000 rpm
Par máximo	221 Nm
Revoluciones par máximo	3.600 - 5.200 rpm
Situación	Delantero transversal
Número de cilindros	4
Disposición de los cilindros	En línea
Material del bloque	Aluminio
Material de la culata	Aluminio
Diámetro	87,5 mm
Carrera	103,4 mm
Cilindrada	2.487 cm ³
Relación de compresión	14 a 1

Motor Eléctrico	
Propósito	Impulsar al vehículo / generar corriente eléc
Potencia máxima	120 CV / 88 kW
Revoluciones potencia máxima	No disponible
Par máximo	202 Nm
Revoluciones par máximo	No disponible
Ubicación	Delantero transversal
Tensión nominal	245 V
Batería	
Tipo	Acumulador de níquel - hidruro metálico
Ubicación	Central trasero
Capacidad	1,59 kWh
Capacidad útil	No disponible
Transmisión	
Tracción	Delantera
Caja de cambios	Automático
Número de velocidades	Múltiples
Tipo de mando	No disponible
Tipo de Embrague	Sin embrague
Tipo de mecanismo	Epicycloidal

Fuente: Toyota del Perú, 2020.

4.2.2. Modos de Operación de Vehículo de Prueba.

En la figura 6, se muestra la configuración de los motores, es decir el Motor de Combustión Interna MCI, y el Motor y Generador Eléctrico.

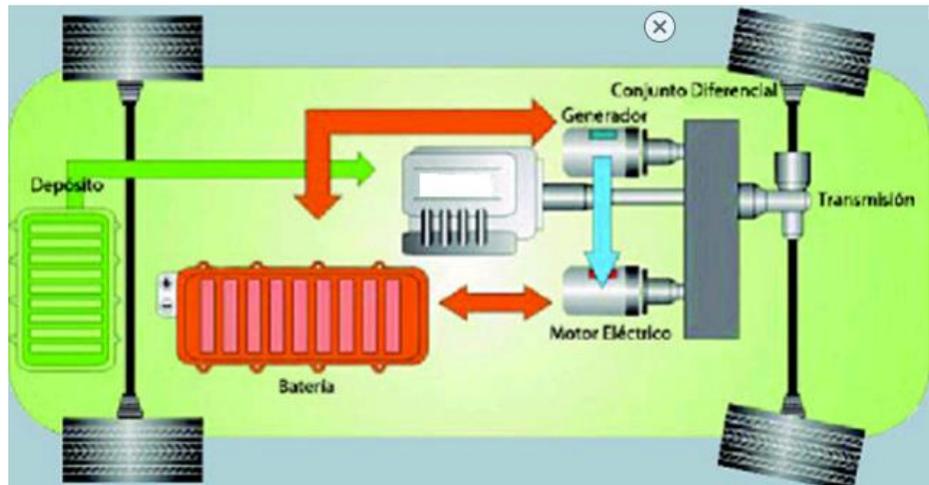


Figura 6. Configuración Vehículo Híbrido Mixto.

Fuente: Toyota del Perú, 2020

El vehículo de Prueba, presenta los siguientes modos de operación:

a) Vehículo Detenido.

En la tabla 9, se muestra la situación de funcionamiento del vehículo, cuando éste se encuentre detenido, así mismo la transmisión de energía mecánica de cada motor hacia las ruedas.

Tabla 9. Modo de Operación vehículo detenido.

Motor /Generador	Situación de motor	Acciona a las ruedas
Motor de Combustión Interna	Funcionamiento	No
Motor Eléctrico	Apagado	No
Generador Eléctrico	Funcionamiento	No

Fuente: Toyota del Perú, 2020.

b) Vehículo en Arranque

En la tabla 10, se muestra la situación de funcionamiento del vehículo, cuando éste se encuentre en el momento de arranque, así mismo la transmisión de energía mecánica de cada motor hacia las ruedas.

Tabla 10. Modo de Operación vehículo en arranque

Motor /Generador	Situación de motor	Acciona a las ruedas
Motor de Combustión Interna	Apagado	No
Motor Eléctrico	Funcionamiento	No
Generador Eléctrico	Funcionamiento	No

Fuente: Toyota del Perú, 2020.

c) Vehículo en Marcha inicial.

En la tabla 11, se muestra la situación de funcionamiento del vehículo, cuando éste se encuentre en marcha inicial, así mismo la transmisión de energía mecánica de cada motor hacia las ruedas.

Tabla 11. Modo de Operación vehículo en marcha inicial

Motor /Generador	Situación de motor	Acciona a las ruedas
Motor de Combustión Interna	Funcionamiento	Si
Motor Eléctrico	Apagado	No
Generador Eléctrico	Funcionamiento	No

Fuente: Toyota del Perú, 2020.

d) Vehículo en Aceleración Suave

En la tabla 12, se muestra la situación de funcionamiento del vehículo, cuando éste se encuentre en aceleración suave, así mismo la transmisión de energía mecánica de cada motor hacia las ruedas.

Tabla 12. Modo de Operación vehículo en aceleración suave

Motor /Generador	Situación de motor	Acciona a las ruedas
Motor de Combustión Interna	Apagado	No
Motor Eléctrico	Funcionamiento	Si
Generador Eléctrico	Funcionamiento	No

Fuente: Toyota del Perú, 2020.

e) Vehículo en Aceleración Fuerte

En la tabla 13, se muestra la situación de funcionamiento del vehículo, cuando éste se encuentre en Aceleración Fuerte, así mismo la transmisión de energía mecánica de cada motor hacia las ruedas.

Tabla 13. Modo de Operación vehículo Aceleración Fuerte

Motor /Generador	Situación de motor	Acciona a las ruedas
Motor de Combustión Interna	Funcionamiento	Si
Motor Eléctrico	Funcionamiento	Si
Generador Eléctrico	Funcionamiento	Si

Fuente: Toyota del Perú, 2020.

4.2.3. Tiempos de Operación de Vehículo de Prueba.

Se hizo el registro de los tiempos de operación promedio de cada uno de los motores que tienen los cuatro vehículos de prueba, a fin de establecer el tiempo de funcionamiento del motor de combustión interna, y con ello realizar el análisis del grado de contaminación de éste, al emitir gases al medio ambiente. El tiempo de funcionamiento del motor de combustión interna, no solamente determina el consumo de combustible, sino también la cantidad de los gases de la combustión, como es el caso de dióxido de carbono, monóxido de carbono, vapor de agua, hidrocarburos no quemados, y los óxidos de nitrógeno.

Para un funcionamiento de 2 horas, se tiene la data del tiempo de funcionamiento de cada motor del vehículo híbrido, cuando el vehículo operó dentro de la ciudad, es decir con la presencia del tráfico y señalizaciones que existe; En las tablas 14 a 17, se tiene los registros para el funcionamiento de 2 horas de los vehículos híbridos de pruebas, los cuales fueron obtenidos del registro de datos de la unidad de control electrónico del vehículo.

Tabla 14. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba, dentro de la ciudad.

Condición	Vehículos TOYOTA RAV 4 Híbrido. 3234 Km, Año 2018										
	Velocidad Promedio Km/h	Tiempo de operación (Horas)	Motor /Generador	Tiempo de operación (Horas)							
				1° Medición	2° Medición	3° Medición	4° Medición	5° Medición	6° Medición	7° Medición	Promedio
Vehículo en Marcha inicial.	0. -30	0.2	Motor de Gasolina	0.190	0.210	0.210	0.190	0.180	0.210	0.200	0.199
			Motor eléctrico	0.220	0.220	0.160	0.180	0.190	0.240	0.220	0.204
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Suave	30-50	1.3	Motor de Gasolina	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Motor eléctrico	1.290	1.320	1.310	1.290	1.310	1.330	1.290	1.306
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Fuerte	50-100	0.5	Motor de Gasolina	0.480	0.530	0.510	0.490	0.460	0.510	0.490	0.496
			Motor eléctrico	0.450	0.480	0.520	0.470	0.490	0.530	0.470	0.487
			Generador Eléctrico	0.510	0.510	0.520	0.460	0.470	0.520	0.510	0.500

Fuente: Unidad de control electrónico del vehículo, Toyota rav4.

Tabla 15. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba, dentro de la ciudad.

Condición	Vehículos TOYOTA RAV 4 Híbrido. 4234 Km, Año 2018										
	Velocidad Promedio Km/h	Tiempo de operación (Horas)	Motor /Generador	Tiempo de operación (Horas)							
				1° Medición	2° Medición	3° Medición	4° Medición	5° Medición	6° Medición	7° Medición	Promedio
Vehículo en Marcha inicial.	0. -30	0.2	Motor de Gasolina	0.192	0.209	0.211	0.191	0.179	0.212	0.199	0.199
			Motor eléctrico	0.232	0.218	0.198	0.191	0.190	0.203	0.217	0.207
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Suave	30-50	1.3	Motor de Gasolina	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Motor eléctrico	1.270	1.310	1.310	1.278	1.309	1.327	1.291	1.299
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Fuerte	50-100	0.5	Motor de Gasolina	0.478	0.526	0.521	0.498	0.476	0.521	0.499	0.503
			Motor eléctrico	0.451	0.478	0.515	0.468	0.476	0.523	0.487	0.485
			Generador Eléctrico	0.520	0.500	0.516	0.478	0.489	0.512	0.511	0.504

Fuente: Unidad de control electrónico del vehículo, Toyota rav4.

Tabla 16. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba, dentro de la ciudad.

Condición	Vehículos TOYOTA RAV 4 Híbrido. 4454 Km, Año 2018										
	Velocidad Promedio Km/h	Tiempo de operación (Horas)	Motor /Generador	Tiempo de operación (Horas)							
				1° Medición	2° Medición	3° Medición	4° Medición	5° Medición	6° Medición	7° Medición	Promedio
Vehículo en Marcha inicial.	0. -30	0.2	Motor de Gasolina	0.193	0.210	0.212	0.192	0.180	0.213	0.200	0.200
			Motor eléctrico	0.234	0.220	0.199	0.192	0.191	0.204	0.219	0.208
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Suave	30-50	1.3	Motor de Gasolina	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Motor eléctrico	1.279	1.319	1.319	1.287	1.318	1.336	1.300	1.308
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Fuerte	50-100	0.5	Motor de Gasolina	0.481	0.530	0.525	0.501	0.479	0.525	0.502	0.506
			Motor eléctrico	0.454	0.481	0.519	0.471	0.479	0.527	0.490	0.489
			Generador Eléctrico	0.524	0.504	0.520	0.481	0.492	0.516	0.515	0.507

Fuente: Unidad de control electrónico del vehículo, Toyota rav4.

Tabla 17. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba, dentro de la ciudad.

Condición	Vehículos TOYOTA RAV 4 Híbrido. 4676 Km, Año 2018										
	Velocidad Promedio Km/h	Tiempo de operación (Horas)	Motor /Generador	Tiempo de operación (Horas)							
				1° Medición	2° Medición	3° Medición	4° Medición	5° Medición	6° Medición	7° Medición	Promedio
Vehículo en Marcha inicial.	0. -30	0.2	Motor de Gasolina	0.191	0.208	0.210	0.190	0.178	0.211	0.198	0.198
			Motor eléctrico	0.230	0.216	0.197	0.190	0.189	0.202	0.215	0.206
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Suave	30-50	1.3	Motor de Gasolina	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Motor eléctrico	1.261	1.301	1.301	1.269	1.300	1.318	1.282	1.290
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Fuerte	50-100	0.5	Motor de Gasolina	0.475	0.522	0.517	0.495	0.473	0.517	0.496	0.499
			Motor eléctrico	0.448	0.475	0.511	0.465	0.473	0.519	0.484	0.482
			Generador Eléctrico	0.516	0.497	0.512	0.475	0.486	0.508	0.507	0.500

Fuente: Unidad de control electrónico del vehículo, Toyota rav4.

De los tiempos de operación de las tablas 14 a 17, se puede analizar:

- a) Que cuando el vehículo está en marcha inicial, es decir que cuando la velocidad no se excede de los 30 Km/h, el motor de combustión interna es el que acciona a las ruedas del vehículo, pero además acciona el motor de combustión interna acciona al generador eléctrico, para que éste cargue las baterías del vehículo.
- b) Que cuando el vehículo está en aceleración suave, es decir que cuando la velocidad no se excede de los 50 Km/h, el motor eléctrico es el único que acciona al vehículo, y para un funcionamiento de 2 horas, 1.3 horas es el tiempo de funcionamiento del motor eléctrico, por lo cual durante éste tiempo no se activa el motor de combustión interna.
- c) Para aceleraciones fuertes, que de las 2 horas de funcionamiento dentro de la ciudad, se tuvo el registró de 0.5 horas en el cual la velocidad fue superior a 50 Km/h, y en el cual los motores de combustión interna, el motor eléctrico y el generador eléctrico, operaron de forma paralela, es decir las 0,5 horas.

Para un funcionamiento de 2 horas, se tiene la data del tiempo de funcionamiento de cada motor del vehículo híbrido, cuando el vehículo operó en carretera, es decir con los límites de velocidad mínima y máxima que se tiene en la carretera; en las tablas 18 a 21, se muestra los resultados del registro de tiempo de operación. Los registros para el funcionamiento de 2 horas de los vehículos híbridos de pruebas, los cuales fueron obtenidos del registro de datos de la unidad de control electrónico del vehículo, cuando el vehículo operó en carretera.

Tabla 18. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba en carretera

Condición	Vehículos TOYOTA RAV 4 Híbrido. 3234 Km, Año 2018										
	Velocidad Promedio Km/h	Tiempo de operación (Horas)	Motor /Generador	Tiempo de operación (Horas)							
				1° Medición	2° Medición	3° Medición	4° Medición	5° Medición	6° Medición	7° Medición	Promedio
Vehículo en Marcha inicial.	0. -30	0.05	Motor de Gasolina	0.053	0.051	0.047	0.056	0.046	0.051	0.049	0.050
			Motor eléctrico	0.051	0.046	0.045	0.046	0.049	0.057	0.052	0.049
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Suave	30-50	0.5	Motor de Gasolina	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Motor eléctrico	1.276	1.312	1.309	1.289	1.305	1.331	1.298	1.303
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Fuerte	50-100	1.45	Motor de Gasolina	1.430	1.440	1.420	1.470	1.450	1.470	1.450	1.447
			Motor eléctrico	1.445	1.451	1.443	1.510	1.430	1.440	1.450	1.453
			Generador Eléctrico	1.441	1.446	1.448	1.420	1.478	1.480	1.449	1.452

Fuente: Unidad de control electrónico del vehículo, Toyota rav4.

Tabla 19. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba en carretera

Condición	Vehículos TOYOTA RAV 4 Híbrido. 4234 Km, Año 2018										
	Velocidad Promedio Km/h	Tiempo de operación (Horas)	Motor /Generador	Tiempo de operación (Horas)							
				1° Medición	2° Medición	3° Medición	4° Medición	5° Medición	6° Medición	7° Medición	Promedio
Vehículo en Marcha inicial.	0. -30	0.05	Motor de Gasolina	0.049	0.051	0.048	0.052	0.048	0.052	0.053	0.051
			Motor eléctrico	0.049	0.051	0.048	0.052	0.048	0.052	0.053	0.051
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Suave	30-50	0.5	Motor de Gasolina	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Motor eléctrico	0.510	0.490	0.490	0.520	0.540	0.460	0.510	0.503
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Fuerte	50-100	1.45	Motor de Gasolina	1.437	1.447	1.427	1.477	1.457	1.477	1.457	1.454
			Motor eléctrico	1.449	1.455	1.447	1.515	1.434	1.444	1.454	1.457
			Generador Eléctrico	1.440	1.445	1.447	1.419	1.477	1.479	1.448	1.450

Fuente: Unidad de control electrónico del vehículo, Toyota rav4.

Tabla 20. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba en carretera

Condición	Vehículos TOYOTA RAV 4 Híbrido. 4454 Km, Año 2018										
	Velocidad Promedio Km/h	Tiempo de operación (Horas)	Motor /Generador	Tiempo de operación (Horas)							
				1° Medición	2° Medición	3° Medición	4° Medición	5° Medición	6° Medición	7° Medición	Promedio
Vehículo en Marcha inicial.	0. -30	0.05	Motor de Gasolina	0.050	0.052	0.049	0.053	0.049	0.053	0.054	0.052
			Motor eléctrico	0.048	0.050	0.047	0.051	0.047	0.051	0.052	0.050
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Suave	30-50	0.5	Motor de Gasolina	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Motor eléctrico	0.510	0.490	0.490	0.490	0.540	0.460	0.510	0.499
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Fuerte	50-100	1.45	Motor de Gasolina	1.430	1.440	1.420	1.470	1.450	1.470	1.450	1.447
			Motor eléctrico	1.445	1.451	1.443	1.510	1.430	1.440	1.450	1.453
			Generador Eléctrico	1.441	1.446	1.448	1.420	1.478	1.480	1.449	1.452

Fuente: Unidad de control electrónico del vehículo, Toyota rav4.

Tabla 21. Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba en carretera

Condición	Vehículos TOYOTA RAV 4 Híbrido. 4676 Km, Año 2018										
	Velocidad Promedio Km/h	Tiempo de operación (Horas)	Motor /Generador	Tiempo de operación (Horas)							
				1° Medición	2° Medición	3° Medición	4° Medición	5° Medición	6° Medición	7° Medición	Promedio
Vehículo en Marcha inicial.	0. -30	0.05	Motor de Gasolina	0.048	0.050	0.047	0.051	0.047	0.051	0.052	0.050
			Motor eléctrico	0.046	0.048	0.045	0.049	0.045	0.049	0.050	0.048
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Suave	30-50	0.5	Motor de Gasolina	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Motor eléctrico	0.508	0.488	0.488	0.488	0.538	0.458	0.508	0.497
			Generador Eléctrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vehículo en Aceleración Fuerte	50-100	1.45	Motor de Gasolina	1.428	1.438	1.418	1.468	1.448	1.468	1.448	1.445
			Motor eléctrico	1.443	1.449	1.441	1.508	1.428	1.438	1.448	1.451
			Generador Eléctrico	1.439	1.444	1.446	1.418	1.476	1.478	1.447	1.450

Fuente: Unidad de control electrónico del vehículo, Toyota rav4.

De las tabla 18 a 21, se puede analizar lo siguiente:

- a) Que de las 2 horas de operación, 1.45 horas de tiempo es en dónde el vehículo opera con velocidades superiores a los 50 Km/h, en el cual el motor de combustión interna, el motor eléctrico y el generador eléctrico, operan de manera paralela.
- b) 0.5 hora de operación es con velocidad menor a 50 Km/h, en dónde solo opera el motor eléctrico para que accione a la transmisión del vehículo.

En función a los tiempos de operación del motor de combustión interna y a los niveles de emisiones en porcentaje de los gases de escape que expulsan al medio ambiente, se determina la cantidad en Kg de emisiones de partículas producto de los gases de la combustión de un vehículo híbrido.

4.3. Realizar las mediciones de las emisiones del vehículo Híbrido rav4 en la ciudad de Jaén, para las diferentes condiciones de funcionamiento.

4.3.1. Mediciones en la condiciones de funcionamiento.

Se hizo las mediciones de las emisiones de los gases de escape del vehículo Toyota rav4, para las cinco condiciones de funcionamiento. En las cinco condiciones de funcionamiento del vehículo híbrido, en la condición de vehículo en arranque y vehículo en aceleración suave, el motor de combustión interna se encuentra apagado, por lo tanto a esa condición no hay emisiones de gases de escape a la atmósfera, lo cual contribuye a la disminución de la contaminación del aire de la ciudad de Jaén. En la tabla 22, se muestra las condiciones de funcionamiento del vehículo híbrido, en las cuales se realizó las pruebas de análisis de gases de escape.

Tabla 22. Condiciones de Funcionamiento de Vehículo Híbrido

Condición de Funcionamiento	RPM motor	Motores de Vehículo Híbrido	Encendido / Apagado
Ralentí.	1200	Motor de Combustión Interna	Encendido
		Motor Eléctrico	Apagado
		Generador Eléctrico	Encendido
Velocidad Crucero	1800	Motor de Combustión Interna	Encendido
		Motor Eléctrico	Apagado
		Generador Eléctrico	Encendido
Vehículo aceleración Fuerte	3200	Motor de Combustión Interna	Encendido
		Motor Eléctrico	Encendido
		Generador Eléctrico	Encendido

Fuente: Toyota del Perú, 2020.

4.3.2. Resultados de las mediciones de análisis de gases.

En la tabla 23, se muestra los 4 vehículos de pruebas híbrido y convencional Toyota rav4, de año de fabricación 2018 y con diferentes valores de kilometraje.

Tabla 23. Vehículos híbridos y convencionales de prueba.

Vehículos de Prueba	Vehículo de Prueba	Año de fabricación	Kilometraje
Vehículos TOYOTA RAV 4 Híbrido	Vehículo 1	2018	3234
	Vehículo 2	2018	4234
	Vehículo 3	2018	4454
	Vehículo 4	2018	4676
Vehículos TOYOTA RAV 4 Convencional	Vehículo 1	2018	4343
	Vehículo 2	2018	5434
	Vehículo 3	2018	6232
	Vehículo 4	2018	6565

Fuente: Concesionario Automotriz AUTONORT– Jaén.

Las mediciones se hicieron con el equipo analizador de gases: Analizador de gases para vehículos a gasolina y gas Modelo: MET 6.1

Tabla 24. Resultados de mediciones de análisis de gases.

Vehículos de Prueba	RPM	Vehículo de Prueba	CO (%) de volumen					Promedio
			1° Medición	2° Medición	3° Medición	4° Medición	5° Medición	
Vehículos TOYOTA RAV 4 Híbrido	1200	1	0.729	0.715	0.701	0.687	0.673	0.07
		2	0.103	0.101	0.099	0.097	0.095	0.1
		3	0.124	0.122	0.119	0.117	0.115	0.12
		4	0.12	0.118	0.115	0.113	0.111	0.12
	1800	1	0.07	0.069	0.067	0.066	0.065	0.07
		2	0.09	0.088	0.087	0.085	0.083	0.09
		3	0.1	0.098	0.096	0.094	0.092	0.1
		4	0.1	0.098	0.096	0.094	0.092	0.1
	3200	1	0.05	0.049	0.048	0.047	0.046	0.05
		2	0.08	0.078	0.077	0.075	0.074	0.08
		3	0.09	0.088	0.087	0.085	0.083	0.09
		4	0.09	0.088	0.087	0.085	0.083	0.09
Vehículos TOYOTA RAV 4 Convencional	1200	1	0.17	0.167	0.163	0.160	0.157	0.16
		2	0.22	0.216	0.211	0.207	0.203	0.21
		3	0.18	0.176	0.173	0.170	0.166	0.17
		4	0.19	0.186	0.183	0.179	0.176	0.18
	1800	1	0.15	0.147	0.144	0.141	0.139	0.15
		2	0.18	0.176	0.173	0.170	0.166	0.18
		3	0.17	0.167	0.163	0.160	0.157	0.16
		4	0.14	0.137	0.135	0.132	0.129	0.14
	3200	1	0.13	0.127	0.125	0.123	0.120	0.13
		2	0.16	0.157	0.154	0.151	0.148	0.15
		3	0.16	0.157	0.154	0.151	0.148	0.16
		4	0.13	0.127	0.125	0.123	0.120	0.13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Resultados de mediciones de análisis de gases.

Vehículos de Prueba	RPM	Vehículo de Prueba	HC (PPM)					
			1° Medición	2° Medición	3° Medición	4° Medición	5° Medición	Promedio
Vehículos TOYOTA RAV 4 Híbrido	1200	1	58.000	56.863	55.748	54.655	53.583	55.8
		2	70.000	68.627	67.282	65.963	64.669	67.3
		3	81	79.412	77.855	76.328	74.831	77.9
		4	73	71.569	70.165	68.790	67.441	70.2
	1800	1	45	44.118	43.253	42.405	41.573	43.3
		2	56	54.902	53.825	52.770	51.735	53.8
		3	68	66.667	65.359	64.078	62.821	65.4
		4	56	54.902	53.825	52.770	51.735	53.8
	3200	1	39	38.235	38.000	37.255	36.524	37.8
		2	47	46.078	45.000	44.118	43.253	45.1
		3	41	40.196	39.000	38.235	37.486	39.2
		4	43	42.157	42.000	41.176	40.369	41.7
Vehículos TOYOTA RAV 4 Convencional	1200	1	126	123.529	121.000	118.627	116.301	121.1
		2	116	113.725	112.000	109.804	107.651	111.8
		3	102	100.000	98.000	96.078	94.195	98.1
		4	138	135.294	132.000	129.412	126.874	132.3
	1800	1	92	90.196	88.000	86.275	84.583	88.2
		2	85	83.333	83.000	81.373	79.777	82.5
		3	76	74.510	74.000	72.549	71.126	73.6
		4	94	92.157	91.000	89.216	87.466	90.8
	3200	1	57	55.882	56.000	54.902	53.825	55.5
		2	67	65.686	65.000	63.725	62.476	64.8
		3	61	59.804	59.000	57.843	56.709	58.9
		4	75	73.529	71.000	69.608	68.243	71.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Resultados de mediciones de análisis de gases.

Vehículos de Prueba	RPM	Vehículo de Prueba	CO + CO2 (Mínimo)					Promedio
			1° Medición	2° Medición	3° Medición	4° Medición	5° Medición	
Vehículos TOYOTA RAV 4 Híbrido	1200	1	13.2	12.941	12.687	12.439	12.195	13.2
		2	13.3	13.039	12.784	12.533	12.287	13.3
		3	13.6	13.333	13.072	12.816	12.564	13.6
		4	13.5	13.235	12.976	12.721	12.472	13.5
	1800	1	13.5	13.235	12.976	12.721	12.472	13.5
		2	13.3	13.039	12.784	12.533	12.287	13.3
		3	13.8	13.529	13.264	13.004	12.749	13.8
		4	13.9	13.627	13.360	13.098	12.841	13.9
	3200	1	13.9	13.627	13.400	13.137	12.880	13.9
		2	13.7	13.431	13.300	13.039	12.784	13.7
		3	13.9	13.627	13.200	12.941	12.687	13.9
		4	14.4	14.4	14.2	14.5	14.4	14.4
Vehículos TOYOTA RAV 4 Convencional	1200	1	12.2	12.400	12.100	11.500	12.300	12.2
		2	12.4	12.157	12.400	12.157	11.918	12.4
		3	12.7	12.451	12.300	12.059	11.822	12.7
		4	12.9	12.647	13.100	12.100	12.100	12.6
	1800	1	12.5	12.255	12.230	11.990	11.755	12.5
		2	12.6	12.353	12.900	12.647	12.399	12.6
		3	12.8	12.549	12.900	12.647	12.399	12.8
		4	12.9	12.647	12.900	12.647	12.399	12.9
	3200	1	12.9	12.647	13.200	12.941	12.687	12.9
		2	13	12.745	13.200	12.941	12.687	13
		3	13.1	12.900	13.100	13.000	12.900	13.1
		4	13.3	13.900	13.400	13.137	12.880	13.3

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Análisis de las mediciones realizadas.

a) Monóxido de Carbono.

Se analizó los valores de las mediciones realizadas, para el caso del Monóxido de carbono (%).

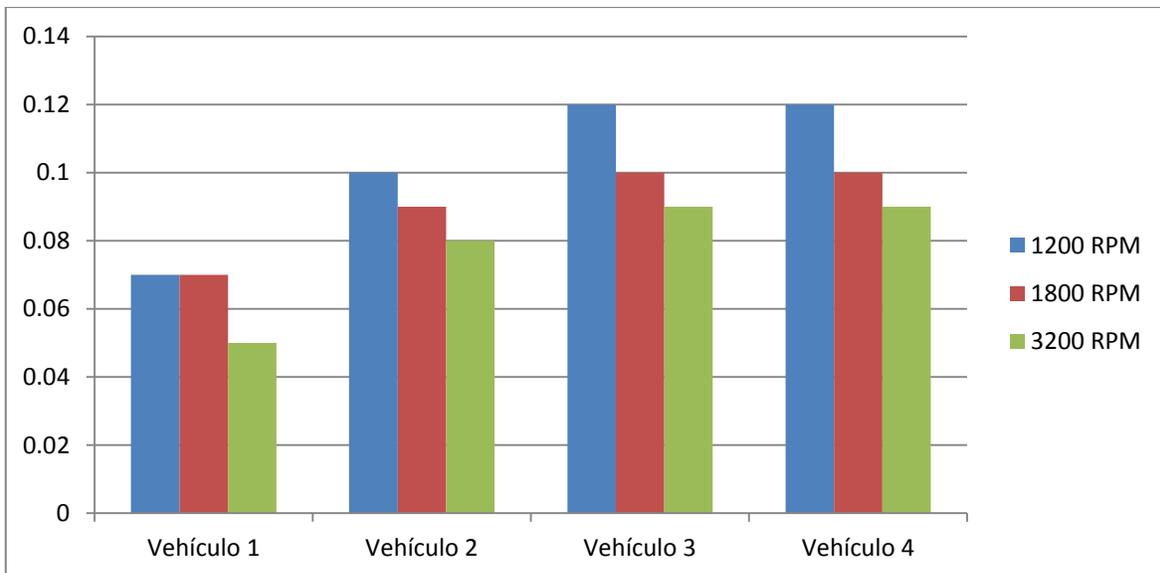


Figura 7. Emisiones de CO de Vehículo Híbrido a diferentes RPM del motor.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 7, se muestra que los valores de emisiones de monóxido de carbono en los 4 vehículos híbridos de prueba, disminuyen a medida que se incrementan las RPM de giro del motor, todo los valores son inferiores a 0.12% de CO. El valor mínimo registrado es a 3200 RPM en el vehículo 1 de prueba con un valor de 0.05%.

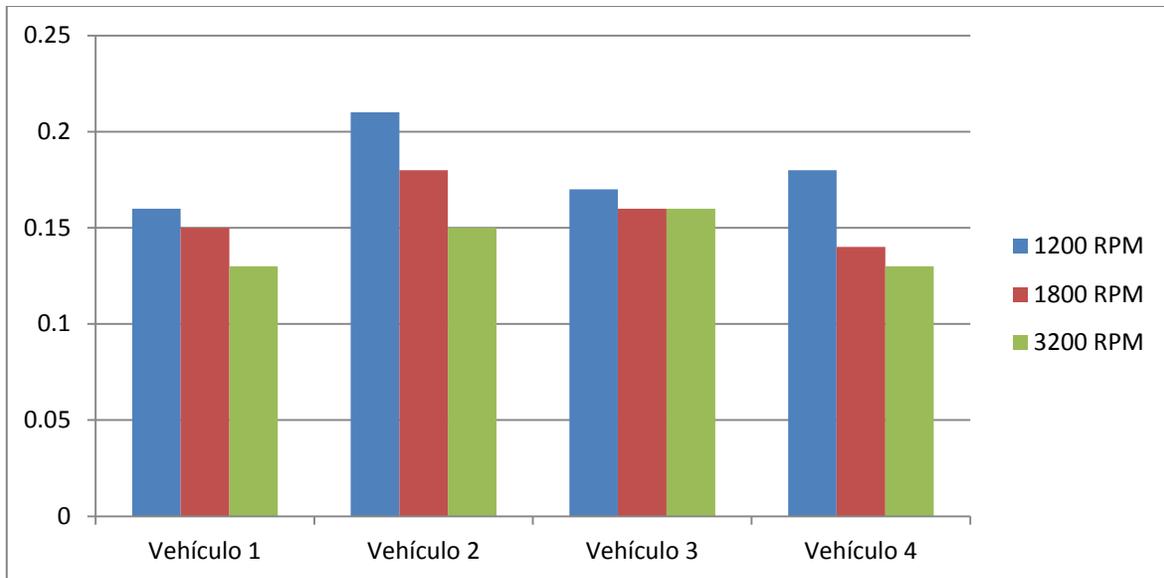


Figura 8. Emisiones de CO de Vehículo Convencional a diferentes RPM del motor.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 8, se muestra que los valores de emisiones de monóxido de carbono en los 4 vehículos convencionales de prueba, disminuyen a medida que se incrementan las RPM de giro del motor, todo los valores son inferiores a 0.21% de CO. El valor mínimo registrado es a 3200 RPM en el vehículo 4 de prueba con un valor de 0.13%.

b) Hidrocarburos no quemados.

Se analizó los valores de las mediciones realizadas, para el caso de los hidrocarburos no quemados (Partes por millón)

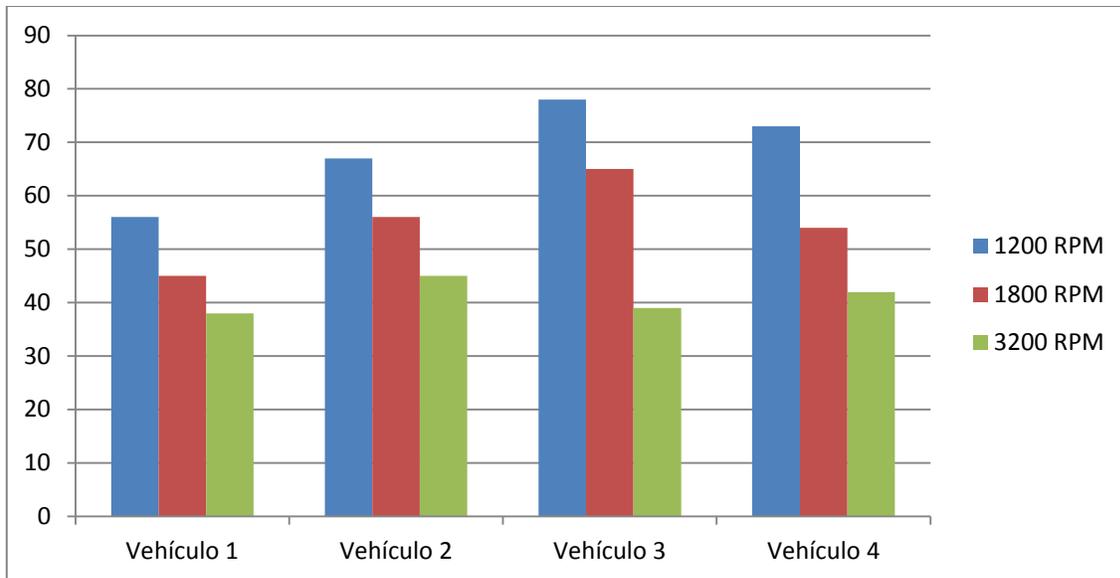


Figura 9. Emisiones de HC de Vehículo híbrido a diferentes RPM del motor.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 9, se muestra que los valores de emisiones de hidrocarburos no quemado, en los 4 vehículos híbridos de prueba, disminuyen a medida que se incrementan las RPM de giro del motor, todo los valores son inferiores a 78 ppm de HC. El valor mínimo registrado es a 3200 RPM en el vehículo 4 de prueba con un valor de 38 ppm.

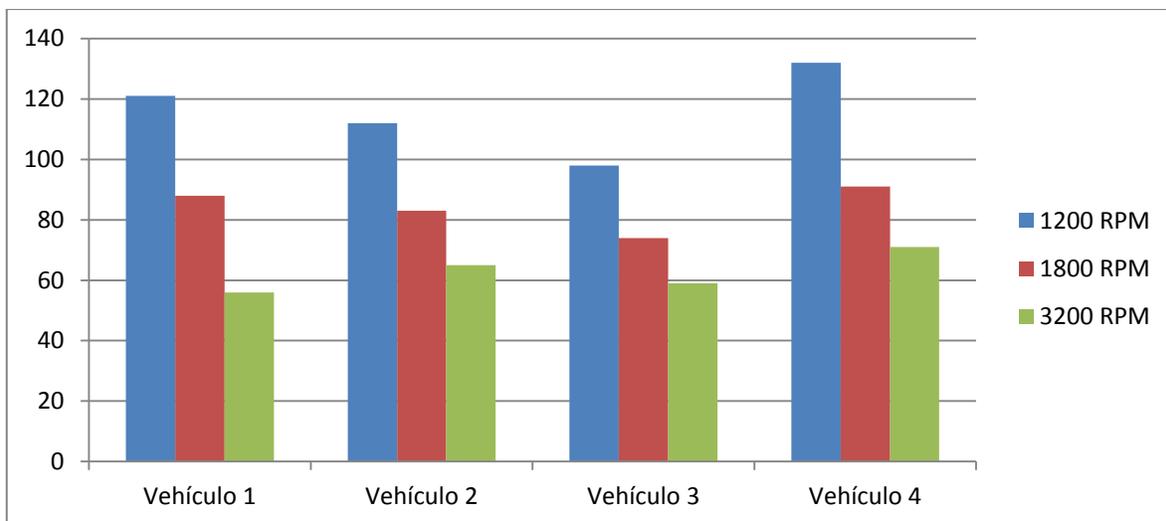


Figura 10. Emisiones de HC de Vehículo Convencional a diferentes RPM del motor.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10, se muestra que los valores de emisiones de hidrocarburos no quemado, en los 4 vehículos convencionales de prueba, disminuyen a medida que se incrementan las RPM de giro del motor, todos los valores son inferiores a 132 ppm de HC. El valor mínimo registrado es a 3200 RPM en el vehículo 1 de prueba con un valor de 56 ppm.

c) **Dióxido de Carbono más Monóxido de Carbono.**

Se analizó los valores de las mediciones realizadas, para el caso del dióxido de carbono más el monóxido de carbono (Porcentaje)

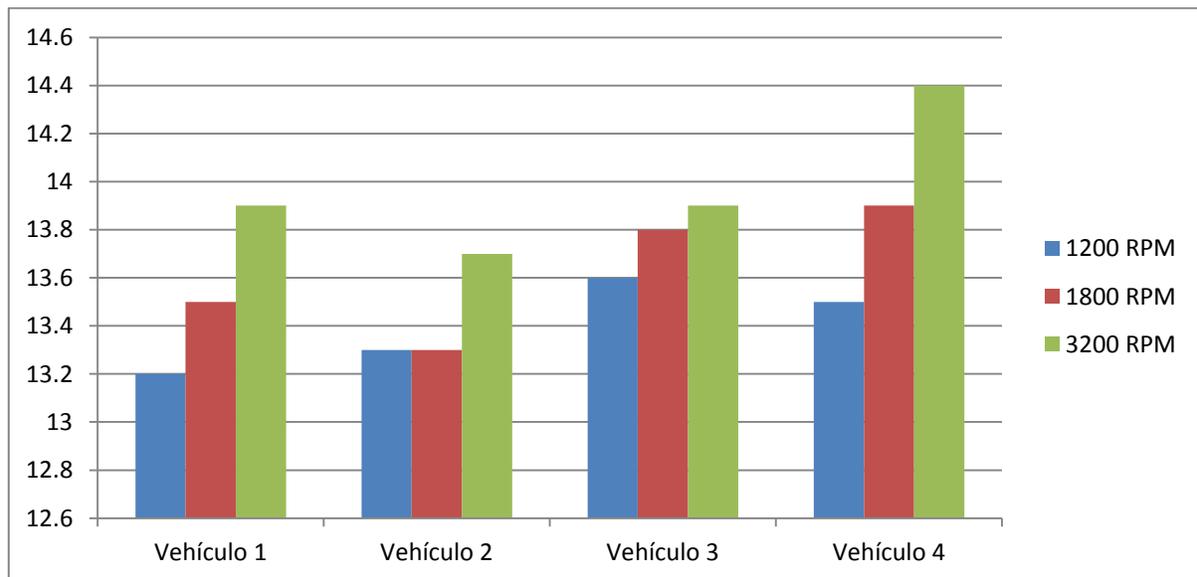


Figura 11. Emisiones de CO₂ y CO de Vehículo Híbrido a diferentes RPM del motor.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 11, se muestra que los valores de emisiones de dióxido de carbono y monóxido de carbono, en los 4 vehículos híbridos de prueba, aumentan a medida que se incrementan las RPM de giro del motor, todos los valores son superiores al 12%. El valor mínimo registrado es a 1200 RPM en el vehículo 1 de prueba con un valor de 13.2 %

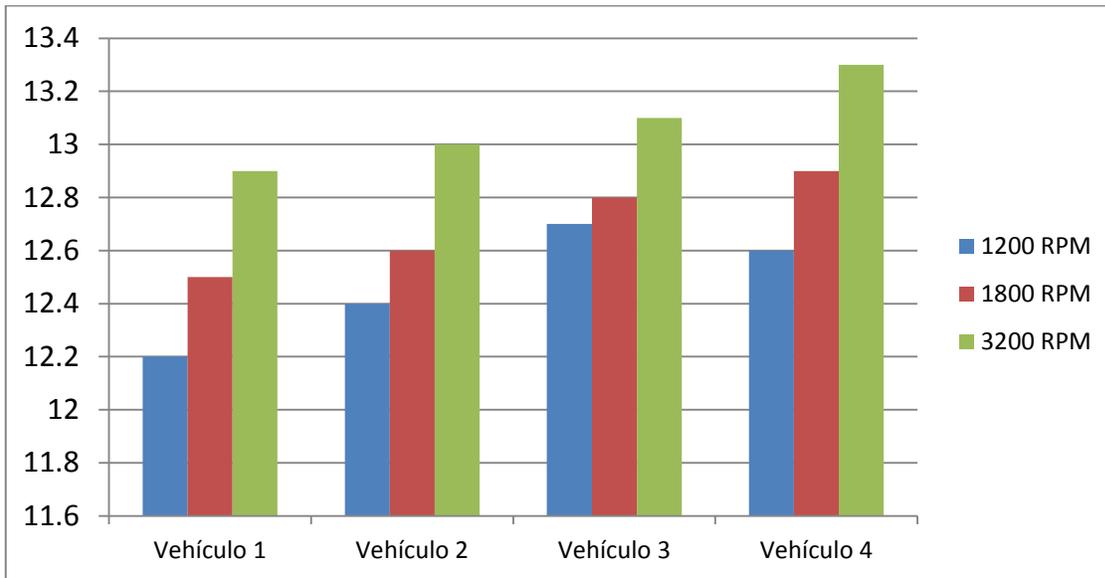


Figura 12. Emisiones de CO₂ y CO de Vehículo Convencional a diferentes RPM del motor.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 12, se muestra que los valores de emisiones de dióxido de carbono y monóxido de carbono, en los 4 vehículos convencionales de prueba, aumentan a medida que se incrementan las RPM de giro del motor, todos los valores son superiores al 12%. El valor mínimo registrado es a 1200 RPM en el vehículo 1 de prueba con un valor de 12.2 %

4.4. Analizar la disminución de las emisiones de los gases de escape entre el vehículo híbrido y el convencional.

4.4.1. Comparación de emisiones de Monóxido de Carbono.

Se hizo la comparación entre las emisiones de monóxido de carbono de un vehículo híbrido y convencional Toyota rav4, a diferentes RPM de giro del motor.

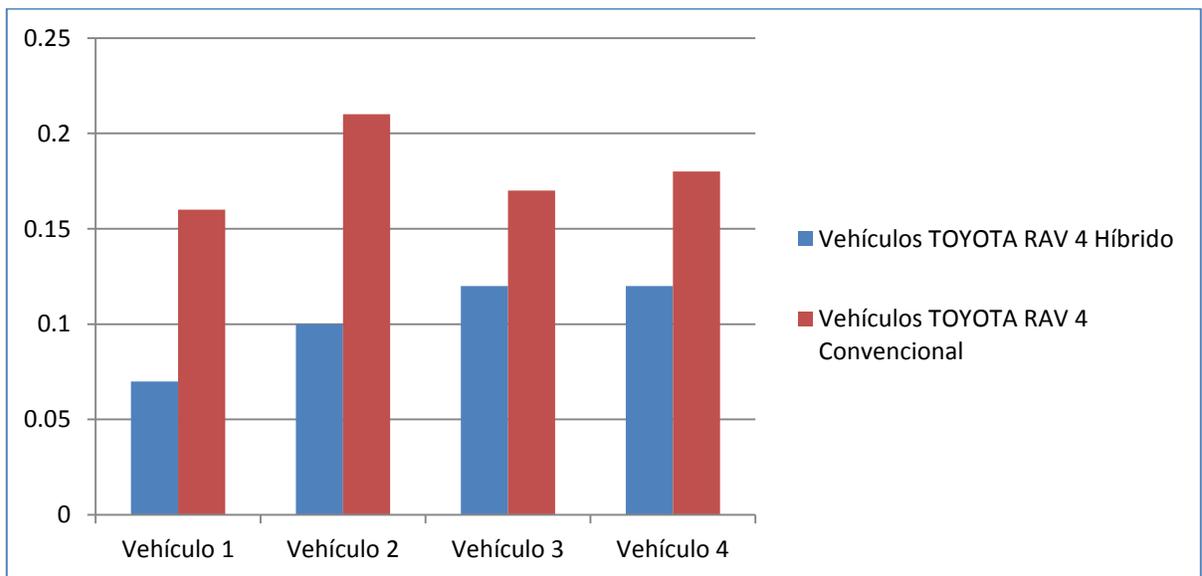


Figura 13. Comparación de emisiones de CO a 1200 RPM

Fuente: Elaboración propia

En la figura 13, se muestra que los motores de los vehículo híbridos emiten menores emisiones de CO a 1200 RPM. En promedio los vehículo híbridos tienen un valor de emisión de CO de 0.1025%, mientras que para los vehículos convencionales el promedio de emisión de CO es de 0.18%.

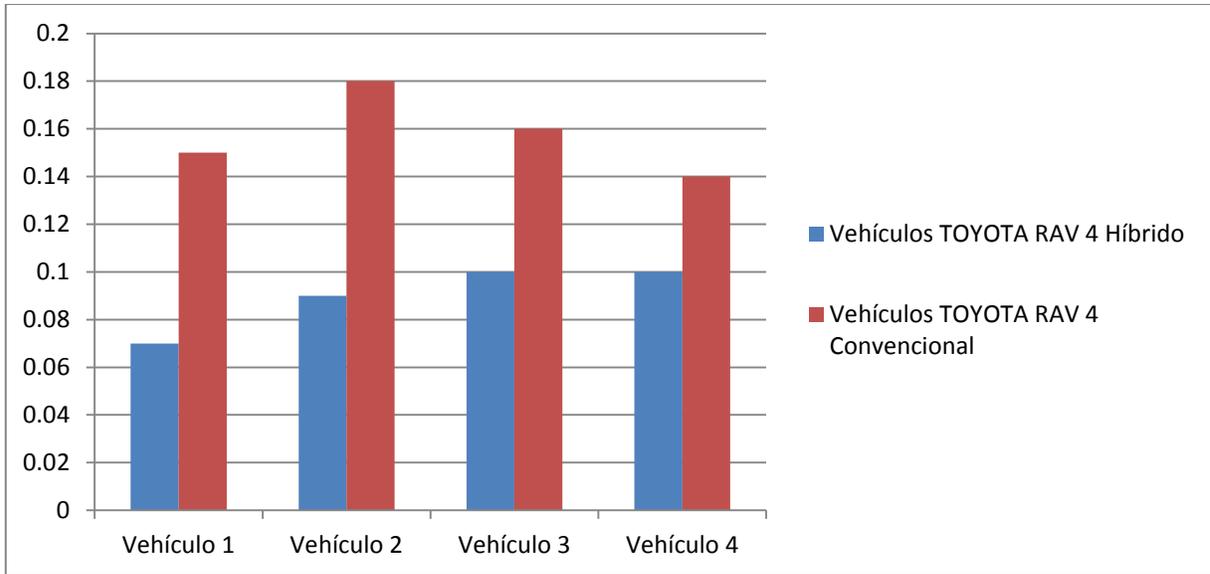


Figura 14. Comparación de emisiones de CO a 1800 RPM

Fuente: Elaboración propia

En la figura 14, se muestra que los motores de los vehículos híbridos emiten menores emisiones de CO a 1800 RPM. En promedio los vehículos híbridos tienen un valor de emisión de CO de 0.09%, mientras que para los vehículos convencionales el promedio de emisión de CO es de 0.1575%.

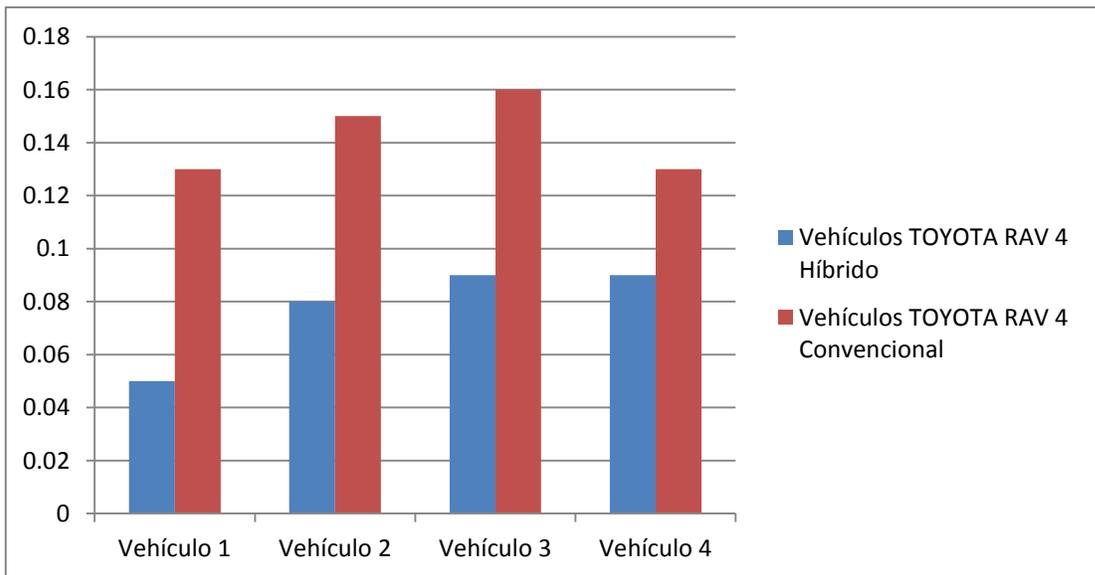


Figura 15. Comparación de emisiones de CO a 3200 RPM

Fuente: Elaboración propia

En la figura 15, se muestra que los motores de los vehículos híbridos emiten menores emisiones de CO a 3200 RPM. En promedio los vehículo híbridos tienen un valor de emisión de CO de 0.0775%, mientras que para los vehículos convencionales el promedio de emisión de CO es de 0.1425%.

4.4.2. Comparación de emisiones de Hidrocarburos No Quemados (HC).

Se hizo la comparación entre las emisiones de Hidrocarburos no quemados de un vehículo híbrido y convencional Toyota RAV4, a diferentes RPM de giro del motor.

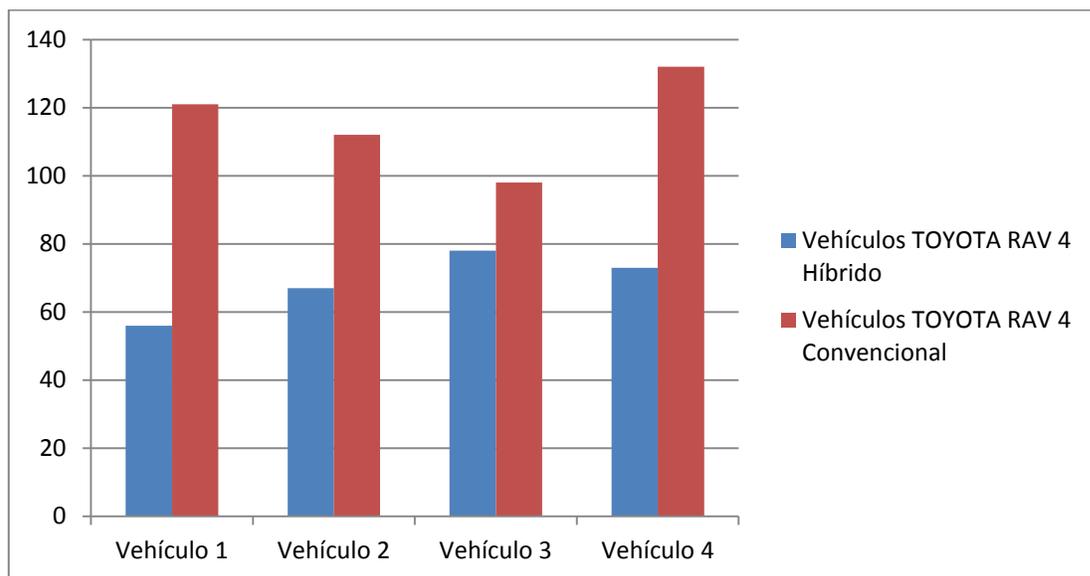


Figura 16. Comparación de emisiones de HC a 1200 RPM.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 16, se muestra que los motores de los vehículos híbridos emiten menores emisiones de HC a 1200 RPM. En promedio los vehículo híbridos tienen

un valor de emisión de HC de 68.5 ppm mientras que para los vehículos convencionales el promedio de emisión de HC es de 115.75 ppm.

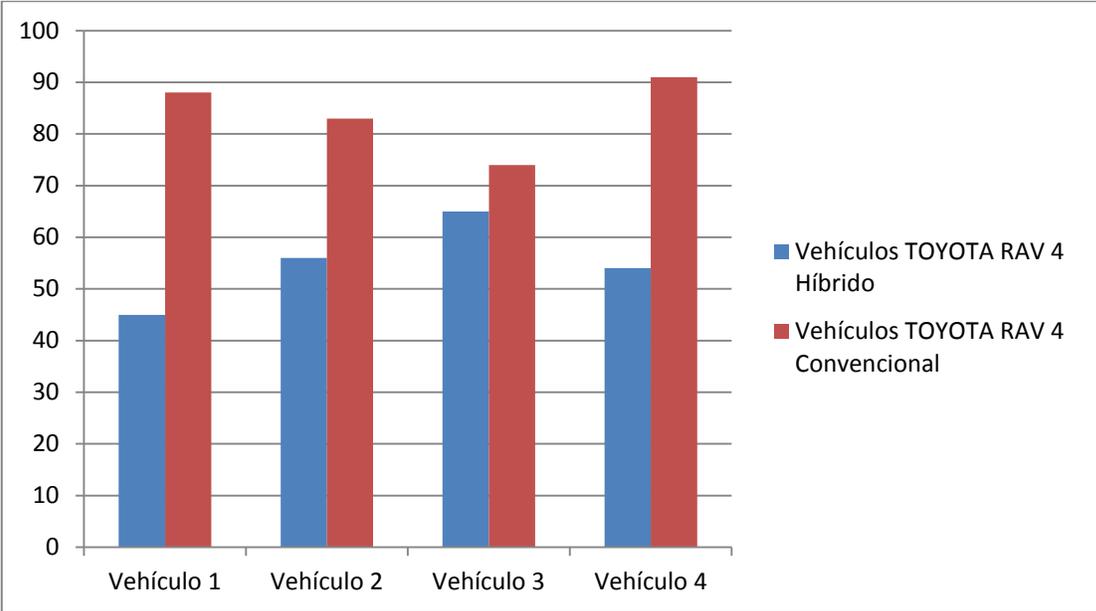


Figura 17. Comparación de emisiones de HC a 1800 RPM.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 17, se muestra que los motores de los vehículos híbridos emiten menores emisiones de HC a 1800 RPM. En promedio los vehículos híbridos tienen un valor de emisión de HC de 55 ppm mientras que para los vehículos convencionales el promedio de emisión de HC es de 84 ppm.

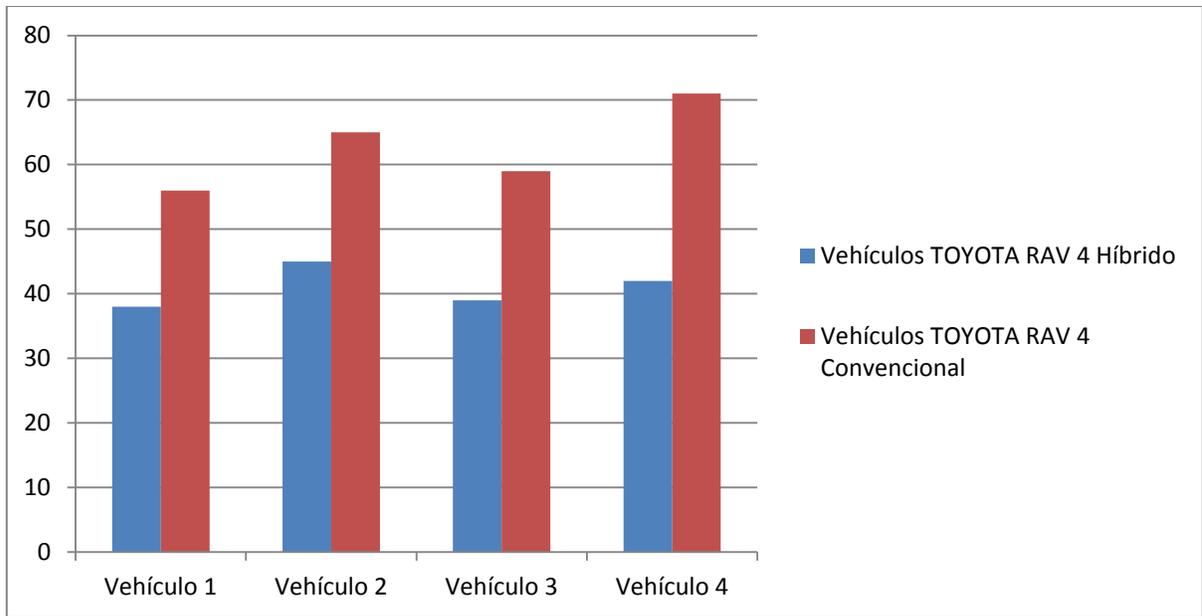


Figura 18. Comparación de emisiones de HC a 3200 RPM.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 18, se muestra que los motores de los vehículos híbridos emiten menores emisiones de HC a 3200 RPM. En promedio los vehículos híbridos tienen un valor de emisión de HC de 41 ppm mientras que para los vehículos convencionales el promedio de emisión de HC es de 62.75 ppm.

4.4.3. Comparación de emisiones de Dióxido de Carbono y Monóxido de Carbono.

Se hizo la comparación entre las emisiones de la suma de Dióxido de Carbono y Monóxido de Carbono de un vehículo híbrido y convencional Toyota RAV4, a diferentes RPM de giro del motor.

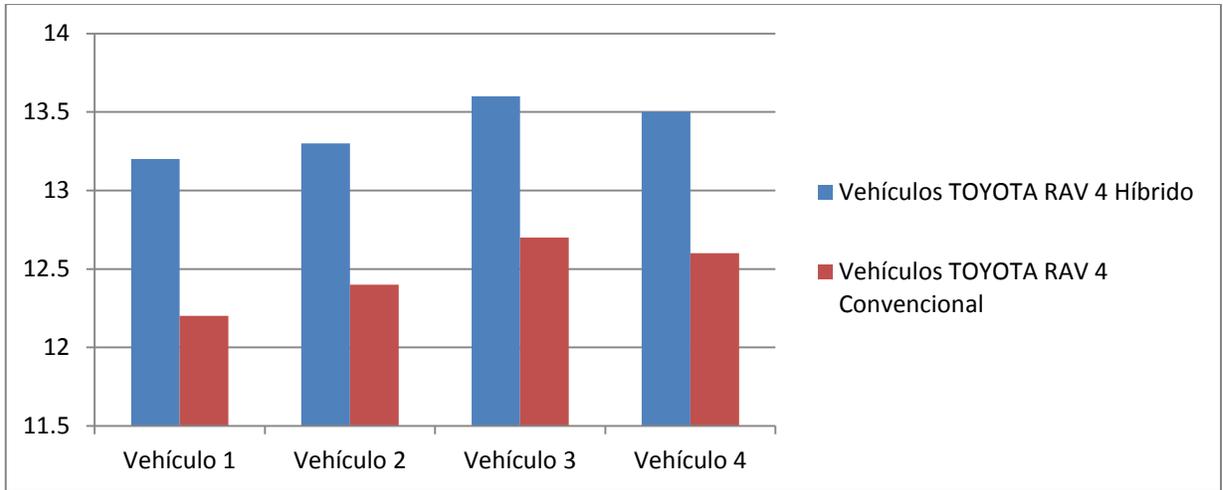


Figura 19. Comparación de emisiones de CO₂ + CO a 1200 RPM.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 19, se muestra que los motores de los vehículos híbridos emiten mayores emisiones de CO₂ + CO a 1200 RPM. En promedio los vehículos híbridos tienen un valor de emisión de CO₂ + CO de 13.4%, mientras que para los vehículos convencionales el promedio de emisión de CO₂ + CO es de 12.475%

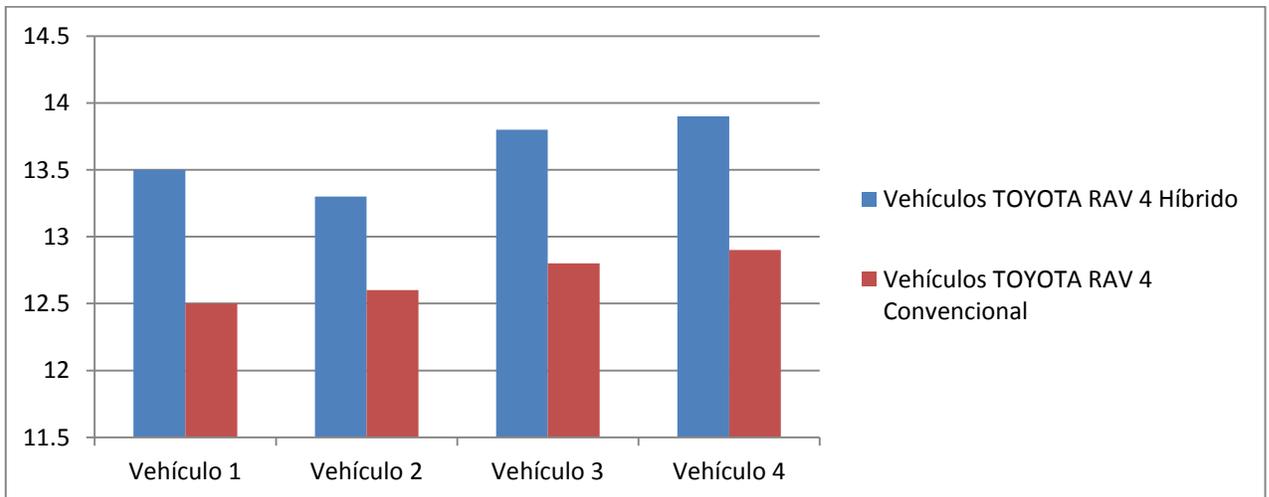


Figura 20. Comparación de emisiones de CO₂ + CO a 1800 RPM.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 20, se muestra que los motores de los vehículos híbridos emiten mayores emisiones de CO₂ + C₀ a 1800 RPM. En promedio los vehículos híbridos tienen un valor de emisión de CO₂ + C₀ de 13.625%, mientras que para los vehículos convencionales el promedio de emisión de CO₂ + C₀ es de 12.70%

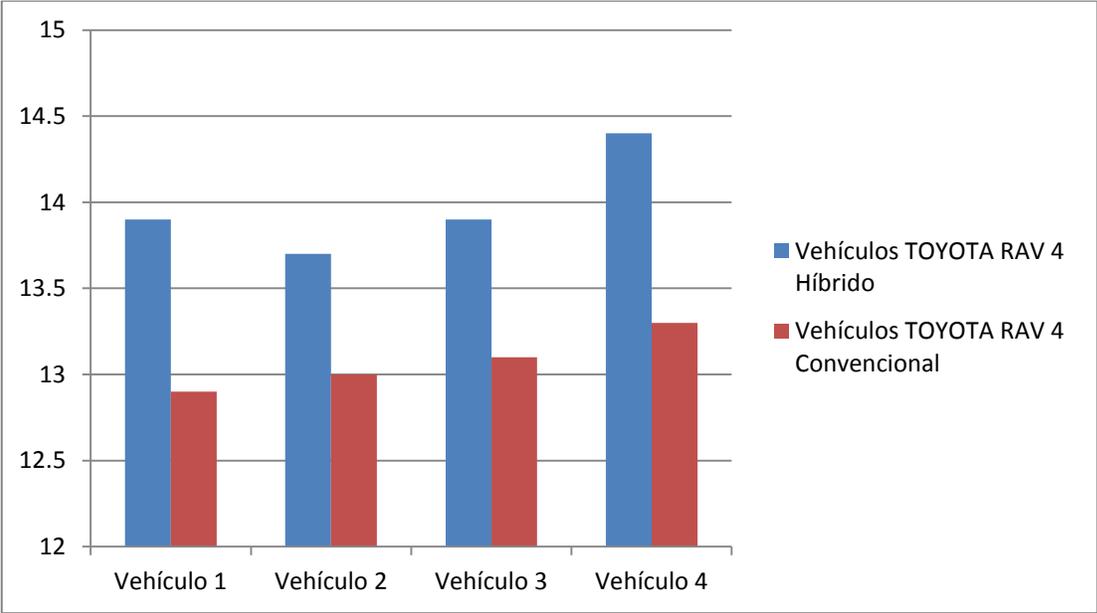


Figura 21. Comparación de emisiones de CO₂ + C₀ a 3200 RPM.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 21, se muestra que los motores de los vehículos híbridos emiten mayores emisiones de CO₂ + C₀ a 3200 RPM. En promedio los vehículos híbridos tienen un valor de emisión de CO₂ + C₀ de 13.975%, mientras que para los vehículos convencionales el promedio de emisión de CO₂ + C₀ es de 13.075%

V. DISCUSIÓN

Actualmente, no se tiene la reglamentación en cuanto a las emisiones de los gases de escape de los vehículos híbridos en el Perú, no existe ninguna tabla de valores de emisiones de dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados, entre otros; debido a que el MTC, solo tiene la reglamentación para vehículos convencionales.

No se tiene estudios de análisis de gases de los vehículos híbridos, para determinar la disminución de la cantidad de emisiones de gases, debido a que los vehículos híbridos están en etapa de ingreso al parque automotor en la ciudad de Jaén.

En la ciudad de Lima, existe un incremento en la adquisición de los vehículos híbridos por parte de empresas privadas, debido a que gradualmente, los precios han ido descendiendo, siendo más accesible la compra. Sin embargo los costos de mantenimiento aún son elevados. Un vehículo híbrido tiene aproximadamente un 50% mayor en el costo de mantenimiento, siendo el sistema de carga el de mayor valor. Las baterías que almacenan la energía eléctrica, son las que tienen mayor costo de mantenimiento.

En países Europeos, cuentan con reglamentación en cuanto a emisiones de gases, a nivel de EURO 6, con los cuales los vehículos híbridos son evaluados en cuanto a sus niveles de emisiones de dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno, por la cantidad de kilómetros recorridos.

Es notable la reducción de las emisiones de gases por el sistema de escape del motor, no por la composición de los gases, sino por las cantidades, es decir que las proporciones de emisiones de los gases entre las unidades híbridas y convencionales es la misma, lo que varía es en la cantidad, debido a que en los vehículos híbridos, el tiempo de funcionamiento de los motores de combustión interna es menor.

Los tiempos de funcionamiento de los motores de combustión interna en el vehículo híbrido está en función a las condiciones de operación, y se evidenció ello para las diferentes velocidades del vehículo. En las pruebas realizadas para dos horas de funcionamiento, se determinó que 1.45 horas de tiempo es en dónde el vehículo opera con velocidades superiores a los 50 Km/h, en el cual el motor de combustión interna, el motor eléctrico y el generador eléctrico, operan de manera paralela. Y 0.5 hora de operación es con velocidad menor a 50 Km/h, en dónde solo opera el motor eléctrico para que accione a la transmisión del vehículo.

Es decir de las dos horas de funcionamiento del vehículo, el 75% lo hace con el motor de combustión interna, y el 25% con el motor eléctrico. En el tiempo que el vehículo funciona con el motor eléctrico, deja de emitir gases de combustión, siendo ésta la razón de la disminución de la cantidad de emisiones de gases contaminantes al utilizar el vehículo híbrido rav4,

La reducción de las emisiones de los gases, producto de la combustión en el motor de combustión interna, en los vehículos híbridos, es por los tiempos de funcionamiento de éstos. Siendo cinco las condiciones de funcionamiento del vehículo híbrido, y en cada una de ellas, existe la combinación de ingreso en operación del motor de combustión interna y del motor eléctrico.

Se hizo las mediciones de las emisiones de los gases de escape del vehículo Toyota rav4, para las cinco condiciones de funcionamiento. En las cinco condiciones de funcionamiento del vehículo híbrido, en la condición de vehículo en arranque y vehículo en aceleración suave, el motor de combustión interna se encuentra apagado, por lo tanto a esa condición no hay emisiones de gases de escape a la atmósfera, lo cual contribuye a la disminución de la contaminación del aire de la ciudad de Jaén.

Se hizo las mediciones de las emisiones de los gases de escape de los vehículos híbridos y convencionales, y se evidenció que en los tres gases analizados, que son el monóxido de carbono, los hidrocarburos no quemados y la suma de dióxido de carbono y monóxido de carbono, los vehículos híbridos son los que tuvieron menores valores.

La reducción de emisiones de gases de los vehículos híbridos, no solamente se reducen en términos del número de revoluciones del motor, sino también de los tiempos de funcionamiento. En las cinco condiciones de funcionamiento del vehículo híbrido, en 2 de dichas condiciones, el motor de combustión interna estuvo apagado, ello quiere decir que en esos momentos las emisiones de gases producto de la combustión fueron cero.

Para funcionamiento del vehículo híbrido dentro de la ciudad, para la condiciones de funcionamiento de marcha inicial, es decir que cuando la velocidad no se excede de los 30 Km/h, el motor de combustión interna es el que accionan a las ruedas del vehículo, pero además acciona el motor de combustión interna acciona al generador eléctrico, para que éste cargue las baterías del vehículo. Para la condición de aceleración suave, es decir que cuando la velocidad no se excede de los 50 Km/h, el motor eléctrico es el único que acciona al vehículo, y para un funcionamiento de 2 horas, 1.3 horas es el tiempo de funcionamiento del motor

eléctrico, por lo cual durante éste tiempo no se activa el motor de combustión interna.

En el análisis de los tiempos de funcionamiento, para la condición de aceleraciones fuertes, que de las 2 horas de funcionamiento dentro de la ciudad, se tuvo el registró de 0.5 horas en el cual la velocidad fue superior a 50 Km/h, y en el cual los motores de combustión interna, el motor eléctrico y el generador eléctrico, operaron de forma paralela, es decir las 0,5 horas.

En cuánto a los niveles de emisiones de gases, se pudo evidenciar que a medida que el motor gire a menor velocidad, se incrementan los valores de emisiones; y eso es fundamentalmente a que a velocidades de ralentí, la temperatura de funcionamiento del motor es menores, por lo cual la combustión no es completa.

Con valores de exceso de aire, que es para todas las condiciones de funcionamiento del motor, tanto de vehículo híbrido y convencional, existe una variación de las emisiones de los gases de escape; el exceso de la cantidad de aire, se denomina factor lambda, y para todos los casos la combustión ocurrió con exceso de aire.

VI. CONCLUSIONES

- Se hizo la descripción de los estándares de emisiones de los vehículos de acuerdo a la reglamentación vigente en el Perú, en el cual los valores de dióxido de carbono y monóxido de carbono fueron como mínimo el 12%, en cuanto a los hidrocarburos no quemados fueron como máximo 100 partes por millón, y para las emisiones de monóxido de carbono fueron de 0.5% como mínimo.
- Se realizó la descripción del funcionamiento de los motores eléctricos y de combustión interna, en el cual para las 2 horas de operación de los vehículos híbridos, 1.45 horas de tiempo es en donde el vehículo opera con velocidades superiores a los 50 Km/h, en el cual el motor de combustión interna, el motor eléctrico y el generador eléctrico, operan de manera paralela. Además, 0.5 hora de operación es con velocidad menor a 50 Km/h, en donde solo opera el motor eléctrico para que accione a la transmisión del vehículo
- Se hicieron las mediciones de las emisiones de los gases de escape, de los vehículos híbridos y convencionales, para tres velocidades de giro del motor, 1200,1800 y 3200 RPM, de acuerdo a lo establecido por el D.S 047 MTC 2001, con un equipo analizador de gases calibrado.
- Se determinó que existe la tendencia que para el monóxido de carbono, éste gas se produce en mayor cantidad en los vehículos convencionales. Para el caso de los hidrocarburos no quemados, los mayores valores es para los vehículos convencionales. En el caso de la suma de CO₂ y CO, la mayor cantidad se dio en los vehículos híbridos, es decir la combustión es cercana a ser completa.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar el análisis del exceso de oxígeno que se utilizó en la combustión en el motor de gasolina del vehículo híbrido.
- Hacer el análisis de las emisiones de los gases de escape, variando la relación aire combustible, a fin de determinar la tendencia de los gases de escape a diferentes valores de exceso de aire en la combustión.
- Realizar las modificaciones en el cálculo de las emisiones, en función a la altitud en donde operan los vehículos híbridos.

REFERENCIAS

- TOCTO, D. energía y medio ambiente. Madrid – España, 2014, 43pp.
- MEDVINSKY. R. Límites de emisiones de gases según norma EURO. Lisboa – Portugal, 2013, 71pp.
- PETROBRAS. Petróleos del Brasil. Rio de Janeiro, 2011, 23pp.
- SANZ. W. Emisiones de vehículos Híbridos y Eléctricos. Madrid – España, 2015, 88pp.
- DGT. Dirección General de Tráfico en España. 2015, Madrid – España, 2015, 48pp.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México, 2017, 41pp.
- JIMÉNEZ, R. Perspectivas de los vehículos Híbridos en la Ciudad de Buenos Aires. Argentina, 2015, 33pp.
- AAP. Asociación Automotriz del Perú. Lima – Perú, 2017, 31pp.
- CASTRO, E. Análisis de rendimiento, consumo y emisiones generadas por los vehículos híbridos.”, presentado a la Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador. Quito, Ecuador, 2014, 69pp.
- ALCÍVAR, F. Diseño, implementación y análisis de un prototipo de vehículo híbrido. Ecuador, 2016, 56pp.
- CASARAVILLA, G. Hacia un transporte automotor racional y eficiente: Autos Híbridos y Eléctricos 2012, Uruguay, 65pp.
- GARCÍA Garnica, Alejandro y REYES Álvarez, Juan. Patentamiento, trayectoria y características de las baterías automotrices: el caso de los autos híbridos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos; Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 2015. Pp.175
- GPAE. Reporte Semestral de Monitoreo del Mercado de Hidrocarburos Segundo Semestre Del 2016 AÑO 6 – N° 9. Gerencia de Políticas y Análisis Económico (2016). PP.35

- HUALPA Huamani, Maimer Tomás. Tesis “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE SISTEMAS HÍBRIDOS EÓLICO– SOLAR EN EL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA”. 2016
- LOPEZ Martínez, José María. Editorial Dextra. Libro “Vehículos híbridos y eléctricos”. (2015). España, 150. pp. ISBN: 9788416277421
- MIRAVETE, Antonio; LARRODE, Emilio; CASTREJON, Luis; CUARTERO, Jesús. Libro “Los Transportes en la Ingeniería”. Edición Reverte. España. (2002). 400. Pp ISBN 1: 849213495X
- MORENO, Francisco, vehículo eléctrico. Historia actual y restos futuros. Departamento de ingeniería eléctrica, universidad de Málaga, España. Mayo 2016/especial edición / Eujournal.org/index.p.hp/esj/article/download/7393/7121 ISSN: 1857-7881
- MUENALA Sagñay, Andrea Elizabeth. “Evaluación del Impuesto ambiental a la contaminación vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito”. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2016. Pp.125.
- PARDO, Sheinbaum y CHÁVEZ Baheza. Fuel Economy of New Passengers Cars in Mexico: Trends from 1988 to 2008 and prospects. Energy Policy. 2011.p.55.
- REYES, María., 2012. Análisis de los precios y de los subsidios a las gasolinas y el Diesel en México, 2007-2011. [pdf] México: Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis, Cámara de Diputados. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/cedia/sia/se/SAE-ISS-01-12.pdf> (Consultado el 10 de junio del 2017)

Anexo 3. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>INDEPENDIENTE</p> <p>Análisis de las emisiones de gases de un vehículo Toyota rav4 hibrida en función del tiempo y las rpm del motor.</p>	<p>Son el resultado de la combustión del combustible en el motor de combustión interna, y su cantidad está en función a la cantidad de combustible y a la eficiencia de la combustión.</p>	<p>Se determina por la variación de gases de escape, con valores máximos que no superan los establecidos por la normas de emisión EURO y por el MTC</p>	<p>Tiempo de funcionamiento de motor de combustión interna Tiempo de funcionamiento e motor eléctrico. Velocidad de giro</p>	<p>Minutos Minutos RPM</p>
<p>DEPENDIENTE:</p> <p>Grado de contaminación con respecto a vehículo convencional</p>	<p>Es la diferencia entre los valores de emisiones de los gases de escape en un vehículo híbrido y uno convencional, a fin de determinar la disminución de la contaminación del medio ambiente, y su comparación con los estándares de contaminación del aire para las ciudades.</p>	<p>Se determina por la disminución de las emisiones que contienen el aire atmosférico, y su contenido de Dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados y dióxido de nitrógeno, de los gases de escape de un vehículo híbrido y uno convencional</p>	<p>CO2 C0 HC NOx</p>	<p>Porcentaje</p>

Anexo 4. Instrumento de recolección de datos

GUIA DE OBSERVACION

Tiempos de operación de motores de vehículo de prueba, dentro de la ciudad

Instrucciones: Realice la mediciones del tiempo de funcionamiento de los motores para 2 horas de recorrido por la ciudad, a diferentes regímenes de velocidad.

Condición	Velocidad Promedio Km/h	Tiempo de operación (Horas)	Motor /Generador	Tiempo de operación (Horas)
Vehículo en Marcha inicial.	10 - 30	0.05	Motor de Combustión Interna	0.05
			Motor Eléctrico	0.05
			Generador Eléctrico	0
Vehículo en Aceleración Suave	30-50	0.5	Motor de Combustión Interna	0
			Motor Eléctrico	0.5
			Generador Eléctrico	0
Vehículo en Aceleración Fuerte	50-100	1.45	Motor de Combustión Interna	1.45
			Motor Eléctrico	1.45
			Generador Eléctrico	1.45

GUÍA DE OBSERVACIÓN 2

Medición de emisiones de gases en función a la RPM

Instrucciones: Realice la mediciones de las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados y la suma de CO₂ + CO, utilizando el equipo analizador de gases calibrado, de acuerdo al protocolo establecido por el Ministerio de transportes, D.S. 047-2001.

Vehículos de Prueba	RPM	Vehículo de Prueba	CO (%) de volumen	HC (PPM)	CO + CO ₂ (Mínimo)
Vehículos TOYOTA RAV 4 Híbrido	1200	Vehículo 1	0.07	56	13.2
		Vehículo 2	0.1	67	13.3
		Vehículo 3	0.12	78	13.6
		Vehículo 4	0.12	73	13.5
	1800	Vehículo 1	0.07	45	13.5
		Vehículo 2	0.09	56	13.3
		Vehículo 3	0.1	65	13.8
		Vehículo 4	0.1	54	13.9
	3200	Vehículo 1	0.05	38	13.9
		Vehículo 2	0.08	45	13.7
		Vehículo 3	0.09	39	13.9
		Vehículo 4	0.09	42	14.4
Vehículos TOYOTA RAV 4 Convencional	1200	Vehículo 1	0.16	121	12.2
		Vehículo 2	0.21	112	12.4
		Vehículo 3	0.17	98	12.7
		Vehículo 4	0.18	132	12.6
	1800	Vehículo 1	0.15	88	12.5
		Vehículo 2	0.18	83	12.6
		Vehículo 3	0.16	74	12.8
		Vehículo 4	0.14	91	12.9
	3200	Vehículo 1	0.13	56	12.9
		Vehículo 2	0.15	65	13
		Vehículo 3	0.16	59	13.1
		Vehículo 4	0.13	71	13.3

Cálculo del tamaño de la muestra

La expresión para determinar el número de la muestra es:

$$\frac{Z^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N - 1)}$$

Dónde:

N: Total de la población. 20 Vehículos híbridos de año de fabricación 2018.

Za: 1.64 al cuadrado (si la seguridad es del 90%).

p: Proporción esperada (en esta caso 2% = 0.02)

q= 1-p (en este caso 0.98)

d: Precisión (10%)

Reemplazando valores se tiene:

$$n = 4$$

4 vehículos serán la muestra para la investigación, y la selección será en función a vehículos híbridos de mayor kilometraje recorrido.