



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA
AUTOMOTRIZ

**Determinación de la variación de consumo de combustible
en taxis de la ciudad de Cuenca utilizando vehículos
híbridos.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Autores:

XAVIER ADRIÁN SALDAÑA CALDAS.

CHRISTIAN DAVID ASTUDILLO NARVÁEZ

Director:

Ing. FRANCISCO TORRES. Mgt.

CUENCA, ECUADOR

2018

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis es dedicado a mi familia quienes son parte importante en mi vida. A mi abuelo Manuel aunque ya no esté con nosotros, siempre lo llevo presente ya que fue tan cariñoso y bondadoso con todas las personas. A mi abuelita Silvia que sigue con nosotros dándonos sus consejos y ayudando a que nuestra familia este siempre unida. A mis padres Ruth e Isidro ya que ellos me supieron dar todo su amor y apoyo incondicional para lograr mis metas, siempre guiándome por las cosas buenas y sanas de la vida. También les dedico a mis hermanos Jonathan, Johana y Tayra, a mis sobrinas Fiorela, Rafaela y Rachel ya que con ellos comparto mi afecto sincero e incondicional y a mi novia Thalia haciendo que mejore mis defectos, sabiendo que siempre voy a contar con su cariño, que me ha apoyado y estado en los mejores y peores momentos de mi vida.

Christian Astudillo N.

Para mi familia Vicente, Silvia y Paúl con todo mi cariño ya que esto fue posible gracias a su sacrificio y esfuerzo, por creer en mis capacidades, por su ayuda y comprensión enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad, han sido mi fuente de motivación e inspiración, que Dios los bendiga siempre.

Xavier Saldaña C.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradecer a Dios por permitirme tener a mi familia cerca todo el tiempo, ya que con ellos tengo más valor para afrontar las cosas y superar los obstáculos, gracias siempre a su apoyo incondicional.

También agradecer a todos los que hicieron posible este trabajo de tesis, a nuestro director de tesis Mgt. Francisco Torres, al que nos ayudó a sacar este tema de tesis adelante el Mgt. Mateo Coello y a todos los que fueron mis profesores académicos, que gracias a sus experiencias y enseñanzas me hicieron entender el deber que tiene uno como profesional.

Christian Astudillo N.

Agradezco a Dios por darme la vida y las fuerzas para seguir cumpliendo mis metas, a mis padres y a Vane Muñoz por brindarme su apoyo incondicional en la realización de este trabajo, a los Ingenieros Francisco Torres Mgt. y Mateo Coello Mgt. por la ayuda recibida, así como también, a todas las personas que me han brindado de una u otra manera su apoyo durante toda mi vida como estudiante, siempre contarán conmigo.

Xavier Saldaña C.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: DETERMINACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	5
1.1 Definición de los tipos de vehículos híbridos que cumplan la normativa para ser utilizados como taxis en la ciudad.	5
1.1.1 Tipo de vehículo	5
1.1.2 Clasificación de taxis según tipo de servicio	6
1.1.2.1 Taxi convencional	6
1.1.2.2 Taxi ejecutivo	6
1.1.3 Características generales	7
1.1.4 Análisis de vehículos híbridos a ser utilizados como taxis en la ciudad	7
1.1.4.1 Hyundai Sonata	8
1.1.4.2 Toyota Prius C	10
1.2 Definición del número de taxi más utilizado y el modelo más eficiente en consumo de combustible que existe en la ciudad mediante especificaciones técnicas del fabricante	12
1.2.1 Tipos o formas de conducción	12

1.2.2 Distribución de taxis que circulan en la ciudad de Cuenca según la marca del fabricante.	14
1.2.3 Elección del taxi con menos consumo de combustible según las especificaciones del fabricante.	14
1.2.3.1 Consumo de combustible por modelo de vehículo	14
1.3 Definin del número de taxis, el número de pruebas y coeficiente de determinación R^2	16
1.3.1 Cculo de tamaño de la muestra conociendo el tamaño de la población	16
1.3.2 Cculo del número de pruebas mediante el método estadístico de “Cculo de número de observaciones (tamaño muestral)”	17
1.3.3 Coeficiente de determinación R^2	18
1.4 Estandarización del estado del vehículo mediante el certificado de inspección vehicular.	19
1.4.1 Métodos que se utilizan en la revisión técnica vehicular para la aprobación.	19
1.4.2 Partes del vehículo que se evalúan en la revisión técnica vehicular.	19

CAPÍTULO II: DESARROLLO DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE SEGÚN EL CICLO DE CONDUCCIÓN REPRESENTATIVO PARA TAXIS EN LA CIUDAD.....21

2.1 Definin de la metodología de medición de consumo de combustible.	21
2.1.1 Metodología de validación del dispositivo de adquisición de datos.	22
2.1.2 Determinación de los coeficientes de ajuste de carga A, B y C.	22
2.1.2.1 Prueba coastdown en pista	27
2.1.2.2 Prueba coastdown en dinamómetro	27
2.2 Definin del tipo de ciclo representativo para taxis que se utilizará en las pruebas (ciclo corto, mediano o largo).	28
2.2.1 Ciclo de conducción corto.	29
2.2.2 Ciclo de conducción mediano.	30
2.2.3 Ciclo de conducción largo.	30
2.3 Instrumentación de los vehículos para realizar las pruebas	31

2.3.1 Herramienta de interfaz ELM327 mini Bluetooth V2.1	31
2.3.2 Software “Torque” para Android	32
2.3.3 Dinamómetro de chasis	32
2.3.4 Cánister limpiador de inyección de combustible OTC	33
2.4 Desarrollo de pruebas previamente definidas en la metodología.	33
2.4.1 Prueba de validación.	33
2.4.1.1 Hyundai i10	33
2.4.2 Pruebas coastdown para la determinación de los coeficientes de carga A, B y C.	40
2.4.2.1 Hyundai Sonata	40
2.4.2.1.1 Obtención del área frontal	40
2.4.2.1.2 Prueba coastdown en pista.	42
2.4.2.1.3 Pruebas coastdown en el dinamómetro de chasis.	43
2.4.2.1.4 Coeficientes de carga A, B y C	44
2.4.2.2 Accent 2005	44
2.4.3 Desarrollo del número de pruebas previamente definidas en la metodología haciendo uso del dinamómetro de chasis.	45
2.4.3.1 Hyundai Sonata Híbrido.	45
2.4.3.2 Accent 2005	46
2.5 Procesamiento de datos.	47
2.5.1 Obtención de datos mediante dispositivo ELM 327.	47
2.5.2 Procesamiento de datos.	47

CAPITULO III: DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE COMBUSTIBLE EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y CONVENCIONALES EN UN CICLO DE CONDUCCIÓN CARACTERÍSTICO.....	54
3.1 Comparación de la demanda de combustible para los casos determinados.	54
3.1.1 Comparación de consumos teóricos entre Hyundai Sonata Híbrido y Toyota Yaris.	54
3.1.2 Comparación de consumos calculados entre Hyundai Sonata Híbrido y Hyundai Accent.	55
3.2 Proponer la tecnología híbrida que mejores prestaciones genere.	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
BIBLIOGRAFIA.....	62
ANEXOS.....	64

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. CONSUMO DE COMBUSTIBLE URBANO.	14
FIGURA 1.2. CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN CARRETERA.	15
FIGURA 1.3. CONSUMO DE COMBUSTIBLE MIXTO.	15
FIGURA 2.1. FUERZAS DE DINÁMICA DEL VEHÍCULO.	23
FIGURA 2.2. GRÁFICO FUERZA DE TRACCIÓN VS VELOCIDAD DEL VEHÍCULO.	26
FIGURA 2.3. CICLO DE CONDUCCIÓN CORTO.	30
FIGURA 2.4. CICLO DE CONDUCCIÓN MEDIANO.	30
FIGURA 2.5. CICLO DE CONDUCCIÓN LARGO.	31
FIGURA 2.6. DINAMÓMETRO DE CHASIS AUTO DYN 30.	33
FIGURA 2.7. MEDICIÓN DE MASA DEL COMBUSTIBLE.	34
FIGURA 2.8. COEFICIENTE DE DETERMINACION DE LA DENSIDAD.	35
FIGURA 2.9. CÁNISTER.	36
FIGURA 2.10. CONEXIÓN DEL CÁNISTER HACIA EL RIEL DE COMBUSTIBLE.	37
FIGURA 2.11. COEFICIENTE DE DETERMINACION DE CONSUMO.	40
FIGURA 2.12. OBTENCIÓN DEL ÁREA FRONTAL DEL SONATA HÍBRIDO.	41
FIGURA 2.13. UBICACIÓN DE LA PISTA DE PRUEBA	42
FIGURA 2.14. RUTA QUE SE ESCOGIÓ PARA LAS PRUEBAS.	43
FIGURA 2.15. SONATA HÍBRIDO MONTADO EN EL DINAMÓMETRO DE CHASIS.	45
FIGURA 2.16. PRIMER HYUNDAI ACCENT 2005 MONTADO EN EL DINAMÓMETRO.	46
FIGURA 2.17. SEGUNDO HYUNDAI ACCENT 2005 MONTADO EN EL DINAMÓMETRO.	46
FIGURA 2.18. PRUEBAS DE CONSUMO EN EL PRIMER ACCENT.	48
FIGURA 2.19. PRUEBAS DE CONSUMO EN EL SEGUNDO ACCENT.	48
FIGURA 2.20. PRUEBAS DE CONSUMO DEL HYUNDAI SONATA.	49
FIGURA 2.21. CICLO REAL Y OBTENIDO DEL PRIMER ACCENT.	50
FIGURA 2.22. CICLO REAL Y OBTENIDO DE SEGUNDO ACCENT.	50
FIGURA 2.23 CICLO REAL Y OBTENIDO DEL SONATA HÍBRIDO.	51
FIGURA 2.24. CONSUMO CALCULADO Y TEÓRICO DE PRIMER ACCENT.	52
FIGURA 2.25. CONSUMO CALCULADO Y TEÓRICO DE SEGUNDO ACCENT.	52
FIGURA 2.26. CONSUMO CALCULADO Y TEÓRICO DEL SONATA HÍBRIDO.	53
FIGURA 3.1. CONSUMO TEÓRICO DEL SONATA HÍBRIDO Y YARIS.	54
FIGURA 3.2. COSTO QUE GENERA EL CONSUMO DE LOS VEHÍCULOS ACCENT Y SONATA.	55

FIGURA 3.3. CONSUMO DEL ACCENT Y DEL SONATA HÍBRIDO.	56
FIGURA 3.4. COSTO QUE GENERA EL CONSUMO DE LOS VEHÍCULOS ACCENT Y SONATA.	57
FIGURA 3.5. TOYOTA PRIUS C.	57
FIGURA 3.6. HYUNDAI SONATA HÍBRIDO.	58

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UN VEHÍCULO COMO TAXI.	7
TABLA 1.2. EVALUACIÓN DE VEHÍCULO HYUNDAI SONATA HÍBRIDO.	8
TABLA 1.3. EVALUACIÓN DE VEHÍCULO TOYOTA PRIUS C	10
TABLA 1.4. PRUEBAS PRELIMINARES.	18
TABLA 2.1. VALORES MEDIDOS DE MASA Y VOLUMEN.	35
TABLA 2.2. VALORES DE VOLUMEN Y MASA.	37
TABLA 2.3. VALORES DE VOLUMEN MASA Y TEMPERATURA.	38
TABLA 2.4. MASA CONSUMIDA DE COMBUSTIBLE.	38
TABLA 2.5. VOLUMEN CALCULADO EN CADA PRUEBA.	39
TABLA 2.6. RESULTADOS DE CONSUMO DURANTE EL CICLO.	39
TABLA 2.7. PARÁMETROS DE LOS VEHÍCULOS PARA EL CÁLCULO DE LAS FUERZAS.	41
TABLA 2.8. COEFICIENTE DE AJUSTE DE CARGA EN CARRETERA.	43
TABLA 2.9. COEFICIENTES DE AJUSTE DE CARGA EN EL DINAMÓMETRO DE CHASIS.	44
TABLA 2.10. COEFICIENTES DE AJUSTE DE CARGA DEL HYUNDAI SONATA HÍBRIDO PARA EL DINAMÓMETRO.	44
TABLA 2.11. COEFICIENTES DE AJUSTE DE CARGA PARA EL DINAMÓMETRO.	45

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS A SER UTILIZADOS PARA EL SERVICIO DE TAXI EN GENERAL.	64
ANEXO 2. CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR MODELO DE VEHÍCULO.	65
ANEXO 3. PARTES DEL VEHÍCULO QUE SE EVALÚAN EN LA REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR.	66
ANEXO 4: SELECCIÓN DE DATOS DEL ELM 327.	68

RESUMEN

**DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DE CONSUMO DE
COMBUSTIBLE EN TAXIS DE LA CIUDAD DE CUENCA UTILIZANDO
VEHÍCULOS HÍBRIDOS.**

RESUMEN

En el presente estudio se evalúa la demanda de combustible de los vehículos híbridos en relación a taxis convencionales, se analizan normativas locales y catálogos automotrices para determinar valores de consumo, se define la exactitud de las mediciones mediante métodos de validación física para ejecutar pruebas de consumo y determinar coeficientes de arrastre mediante las normas SAE J1321 y SAE J2264 respectivamente. Se utilizó un dispositivo electrónico de medición de combustible conectado al ECU mientras el vehículo sigue un ciclo de conducción para taxis simulado sobre un dinamómetro, finalmente se comparan consumos de los casos determinados corroborando la hipótesis planteada.

Palabras Clave: Ciclos, coast down, consumo, taxis, híbridos.



Diego Francisco Torres Moscoso

Director del trabajo de Titulacin



Mateo Fernando Coello Salcedo

Director de Escuela



Christian David Astudillo Narváez

Autor



Xavier Adrián Saldana Caldas

Autor

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE FUEL CONSUMPTION VARIATION IN TAXIS OF THE CITY OF CUENCA USING HYBRID VEHICLES.

ABSTRACT

The present study evaluated the fuel demand of hybrid vehicles compared to conventional taxis. Local regulations and automotive catalogs were analyzed to determine the consumption values. The accuracy of the measurements was defined through physical validation methods that executed consumption tests and determined drag coefficients based on SAE J1321 and SAE J2264 standards. An electronic fuel measurement device connected to the ECU was used while the vehicle followed a simulated driving cycle for taxis on a dynamometer. Finally, the consumption values of the determined cases were compared, corroborating the proposed hypothesis.

Keywords: Cycles, coast down test, consumption, taxis, hybrid.



Diego Francisco Torres Moscoso
Degree Work Director



Mateo Fernando Coello Salcedo
Faculty Director



Christian David Astudillo Narváez
Author



Xavier Adrián Saldaña Caldas
Author



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by

Ing. Paul Arpi

Christian David Astudillo Narvález

Xavier Adrián Saldaña Caldas

Trabajo de Graduación

Ing. Diego Francisco Torres Moscoso Mgt.

Enero, 2018

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las normativas que se establecen para la regulación de la demanda de combustible y mejora de la calidad de vida en las ciudades se han hecho cada vez más importantes, motivando a buscar propuestas viables para analizar métodos sostenibles para la vida urbana.

Se plantea realizar un estudio para analizar la factibilidad que tiene la introducción de vehículos híbridos como taxis en la ciudad de Cuenca en el tema de consumo de combustible, para esto se realiza una comparativa mediante pruebas entre el vehículo híbrido y el modelo de taxi que mayor número de unidades presenta en la ciudad, también se realiza una comparación teórica entre el híbrido y el taxi que menor demanda de gasolina genera en su funcionamiento según los datos del fabricante. Se medirá el consumo de combustible haciendo uso de un dinamómetro de chasis y se realizará las pruebas bajo un mismo ciclo de conducción representativo de la ciudad para proponer la tecnología idónea en lo que se refiere a consumo de combustible.

En Cuenca existe una cantidad considerable de vehículos circulando por la calles, que según el departamento de Movilidad del Municipio (EMOV), en la capital azuaya transitan 90 mil carros de los cuales 4,4% forman la flota de taxis de la ciudad, divididos en 109 cooperativas encargadas de brindar el servicio de transporte al cantón según la “Unión de Taxistas del Azuay” (UTA).

Generalidades

Estudios tales como “La propuesta de implementación de taxis híbridos a gasolina y eléctricos en Cuenca” (Coello, 2013) y “La determinación de ventajas ambientales que presenta un vehículo híbrido respecto a un vehículo normal de similares características” (TOLEDO & GARCÍA, 2012). Que se han realizado con el fin de evaluar el consumo energético y evaluación ambiental de taxis en la ciudad de Cuenca. Indican que una vía factible para mitigar o reducir dicho consumo es la introducción de vehículos híbridos de servicio de transporte público.

En el año 2016 hay un total de 3495 unidades de taxis vigentes de distintas marcas, modelos y años de fabricación que prestan su servicio de transporte a todos los habitantes de la ciudad de Cuenca. Mediante el estudio de “Análisis de las condiciones de operación de los taxis de la ciudad de Cuenca para la implementación del sistema Start-Stop” (Cedillo, 2015) se determinó que las marcas con mayor circulación en la ciudad son Hyundai, Chevrolet y Nissan que representan el 83.6 % de la totalidad de taxis.

Los taxis son los vehículos que realizan mayor recorrido y por lo tanto, son los que mayor demanda energética tienen día a día, como consecuencia de ello, emiten mayor contaminación por los gases emanados por el tubo de escape del automóvil y a su vez son los principales causantes de la contaminación ambiental y ponen en riesgo la salud pública y el ambiente causando cada vez más enfermedades respiratorias a los habitantes (Ramirez, 2012).

En la actualidad se han desarrollado nuevas tecnologías para disminuir el consumo de combustibles fósiles y generar menos contaminación como es el caso de los vehículos híbridos (Gasolina-eléctricos), el cual tiene mayor eficiencia energética a comparación de los vehículos a gasolina (Coello, 2013).

En dichos estudios no se han evaluado de manera experimental los valores de consumo de combustible, además dado el hecho que se cuenta con un ciclo de conducción representativo para taxis de la ciudad de Cuenca, se planifica su uso con objeto de comparar y analizar la demanda de combustible que existe entre vehículos híbridos y taxis convencionales.

Problemática

No se cuenta con una estimación real en el cual se determine cuantitativamente la diferencia de consumo de combustible que existe entre taxis convencionales y vehículos híbridos bajo un mismo ciclo de conducción representativo para taxis en la ciudad.

Objetivo General

Determinar la variación de consumo de combustible en taxis de la ciudad de Cuenca utilizando vehículos híbridos.

Objetivos específicos:

- Determinar la metodología para hallar el tipo de vehículo híbrido y convencional que sea el más idóneo o más utilizado para el servicio de taxis en la ciudad de Cuenca y metodología para medición de consumo de combustible.
- Desarrollar el proceso de evaluación de consumo de combustible según el ciclo de conducción representativo para taxis en la ciudad.
- Determinar la demanda de combustible en vehículos híbridos y convencionales en un ciclo de conducción característico

Pregunta de investigación

¿Cuánto variará el consumo de combustible de los taxis al utilizar vehículos híbridos (gasolina-eléctricos) bajo un ciclo representativo de taxis de Cuenca?

Hipótesis

Al utilizar vehículos híbridos como taxis en un ciclo representativo de Cuenca se disminuirá el consumo de combustible.

Justificación

- Disminuir el consumo excesivo de combustible en vehículos de uso frecuente.
- Consumo de combustible excesivo en taxis

Alcance

- Observar qué efectos de consumo de combustible tiene la introducción de vehículos híbridos como taxis en la ciudad.
- Generar una base de datos en la que se denote el valor de consumo de combustible (según el fabricante) de los modelos de vehículos utilizados como taxis.
- Realizar pruebas de consumo de combustible en vehículos híbridos utilizando un ciclo de conducción representativo para taxis de Cuenca.

CAPÍTULO I

1. DETERMINACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo se determinará la metodología para hallar el tipo de vehículo híbrido y convencional que sea el más idóneo o más utilizado para el servicio de taxis en la ciudad de Cuenca, así como también se determinará la metodología para medición de consumo de combustible.

1.1 Definición de los tipos de vehículos híbridos que cumplan la normativa para ser utilizados como taxis en la ciudad.

Actualmente el organismo que regula la normativa que debe cumplir un vehículo para su servicio como taxi es la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca “EMOV” a través del proceso de Revisión Técnica Vehicular con su instructivo para la modalidad taxi el cual ha sido elaborado de acuerdo a la “*Ley orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, reglamento de transporte comercial de pasajeros en taxi con servicio convencional y servicio ejecutivo, código orgánico integral penal, la normativa INEN y ordenanzas autorizadas dentro del cantón Cuenca*”; vigente referente al tema que determina aspectos constructivos que garanticen la seguridad para los usuarios, conductor y transeúnte.

1.1.1 Tipo de vehículo

Según la “*Resolución No. 172-DIR-2010-CNTTTSV Características de taxis*” descrita en el Anexo 1 las categorías de automóviles que tienen autorización para ejercer el servicio de transporte de taxi en general son: Sedán, Hatchback y Station Wagon, las características más relevantes indican que deben cumplir un cilindraje mínimo de 1300cc y para camionetas de 2000cc.

1.1.2 Clasificación de taxis según tipo de servicio

1.1.2.1 Taxi convencional

Vehículo de color amarillo destinado al traslado urbano de personas, clasificado como transporte comercial, con matrícula de alquiler, autorizado mediante permiso de operación por la autoridad de transporte competente y que cumple con las características establecidas en la ley y los respectivos reglamentos para brindar el servicio establecido. La vida útil establecida para estos tipos de vehículos es de 15 años.

Para efectuar los servicios de transporte de taxi convencional se utilizarán los siguientes tipos de vehículos: Autos Sedan, Station wagon o Hatch back con capacidad de 5 pasajeros sentados incluido el conductor según el instructivo de RTV modalidad taxis.

1.1.2.2 Taxi ejecutivo

Según las especificaciones técnicas para el servicio de taxi lo define como: vehículos destinados para el transporte comercial que se presta a terceras personas a cambio de una compensación económica siempre que no sea un servicio masivo o colectivo, que se lo contrata a través de los medios de telecomunicación establecidos y autorizados para cada uno de ellos.

Para efectuar los servicios de transporte de taxi ejecutivo se utilizarán los siguientes tipos de vehículos: Autos Sedán y Station wagon con capacidad de 5 personas incluido el conductor.

Debido a que en la ciudad de Cuenca se trabaja con sistemas de telecomunicación proporcionados por las respectivas compañías se llega a la conclusión que solamente existen taxis ejecutivos en circulación.

1.1.3 Características generales

En la actualidad la normativa de tránsito denota que un taxi puede funcionar durante quince años, para su renovación el propietario debe realizarlo a través del “Plan Renova” cumpliendo un mínimo de 10 años de haber ejercido el servicio como taxi para poder chatarrizarlo.

Las características generales que deben ser cumplidas para la modalidad taxi según la normativa impuesta se la verifica durante el proceso de Revisión Técnica Vehicular (RTV) que se muestra en la Tabla 1.1:

Tabla 1.1. Características generales para el funcionamiento de un vehículo como taxi.

Características	Particularidades
Diseño original	El servicio de taxi será autorizado únicamente a vehículos cuyas características de diseño y construcción son de tipo original para transporte de pasajeros
Estado general	La carrocería, el motor y el compacto (chasis) deberán presentar un correcto estado físico y de funcionamiento.

Fuente: Normativa “EMOV”

1.1.4 Análisis de vehículos híbridos a ser utilizados como taxis en la ciudad

En la actualidad todos los taxis funcionan con un sistema de telecomunicación convirtiéndolos en tipo ejecutivos y se los evaluar mediante la normativa impuesta por el instructivo de RTV modalidad taxi. . El cual tiene su fundamento a partir de la “*Ley orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, reglamento de transporte comercial de pasajeros en taxi con servicio convencional y servicio ejecutivo, código orgánico integral penal, la normativa INEN y ordenanzas autorizadas dentro del cantón Cuenca*”. Mediante la matrícula del vehículo se corrobora que cumple con todas las normativas especificadas en la Revisión Técnica Vehicular (NTE INEN 2349).

1.1.4.1 Hyundai Sonata

Según el departamento de energía de Estados Unidos este vehículo tiene un consumo teórico de 6.35 lt/100km y se considera para el estudio debido a que se comercializa en la ciudad. En la Tabla 1.2 se realiza la evaluación del cumplimiento de la normativa:

Tabla 1.2. Evaluación de vehículo Hyundai Sonata Híbrido.

Hyundai Sonata Híbrido			
			
Normativa establecida “Taxi ejecutivo”		Características del vehículo	Cumplimiento de características
Características	Particularidades		
Capacidad	Cinco pasajeros incluido el conductor.	Cinco pasajeros incluido conductor	✓
Capacidad de carga	El maletero deberá garantizar un volumen mínimo 0,4 m ³ (400 lt)	0,462 m ³ (462 lt.)	✓
Cilindraje mínimo	1300cc en adelante	2400cc	✓
Tipo de vehículo	Sedan, Station wagon	Sedan	✓
Emisiones contaminantes	Los motores deben contar con el certificado aprobado de revisión técnica vehicular ya que en esta se toman en cuenta los requisitos establecidos en varias normas del “Reglamento Técnico Ecuatoriano”.	Certificado de RTV.	✓
Tipo de aspiración	Según el diseño original del fabricante	Aspiración directa mediante filtros de aire	✓
Alimentación de combustible		Inyección Electrónica	✓
Sistema de escape		Sistema de escape de una salida	✓
Neumáticos	Deben cumplir con lo establecido en la RVT	Certificado de RTV	✓
Frenos	Los taxis deben disponer al menos de	Frenos de tipo disco en las cuatro	✓

	dos sistemas de frenos de acci3n independientes uno del otro (servicio y estacionamiento) y por lo menos uno debe accionar sobre las 4 ruedas y debe cumplir con los requisitos establecidos en la RTV.	ruedas y freno de estacionamiento	
Suspensi3n	Los vehículos automotores deben disponer de un sistema de suspensi3n en todos sus ejes o ruedas, respetando los disenos originales del fabricante.	Suspensi3n independiente tipo McPherson	✓
Direcci3n	Se debe tener en disposici3n un sistema de direcci3n, respetando los disenos originales del fabricante.	Direcci3n Eléctrica	✓
Seguridad activa			
Sistema de iluminaci3n.	Debe cumplir con las normas especificadas en la RTV. No est permitida tanto en el exterior como en el interior luces adicionales de otros colores, ne3n o con flash.	Certificado de RTV	✓
Avisador acústico (bocina)	Será el original del vehículo		✓
Seguridad pasiva			
Vidrios de seguridad	De acuerdo con el diseno original del fabricante	Certificado de RTV	✓
Parabrisas y luneta			
Cinturones de seguridad			
Asientos y cubiertas internas			

Fuente: Autores

1.1.4.2 Toyota Prius C

Según el departamento de energía de Estados Unidos este vehículo tiene un consumo teórico de 5.17 lt/100km y se considera para el estudio debido a que se comercializa en la ciudad. En la Tabla 1.3 se realiza el estudio del cumplimiento de la normativa para un Toyota Prius C:

Tabla 1.3. Evaluación de vehículo Toyota Prius C

Toyota Prius C			
			
Normativa establecida “Taxi ejecutivo”		Características del vehículo	Cumplimiento de características
Características	Particularidades		
Capacidad	Cinco pasajeros incluido el conductor	Cinco pasajeros incluido conductor	✓
Capacidad de carga	El maletero deberá garantizar un volumen mínimo 0,4 m ³ (400 lt)	0,48m ³ (408 lt.)	✓
Cilindraje mínimo	1300cc en adelante	1500cc	✓
Tipo de vehículo	Sedan, Station wagon	Hatchback	X
Emisiones contaminantes	Los motores deben contar con el certificado aprobado de la (RTV) ya que en esta se toman en cuenta los requisitos establecidos en varias normas del (RTE)	Certificado de RTV.	✓
Tipo de aspiración	Según el diseño original del fabricante.	Aspiración directa mediante filtros de aire	✓
Alimentación de combustible	Según el diseño original del fabricante.	Inyección Electrónica	✓
Sistema de escape	Según el diseño original del fabricante.	Sistema de escape de una salida	✓
Neumáticos	Deben cumplir con lo establecido en la RTV	Certificado de RTV	✓
Frenos	Los taxis deben disponer al menos de	Frenos delanteros de tipo disco	✓

	dos sistemas de frenos de acción independientes uno del otro (servicio y estacionamiento) y por lo menos uno debe accionar sobre las 4 ruedas y debe cumplir con los requisitos establecidos en la RVT.	ventilado, frenos posteriores de tipo tambor y freno de estacionamiento	
Suspensión	Los vehículos automotores deben disponer de un sistema de suspensión en todos sus ejes o ruedas, respetando los diseños originales del fabricante.	Suspensión independiente tipo McPherson con barra estabilizadora y posterior barra de torsión	✓
Dirección	Se debe tener en disposición un sistema de dirección, respetando los diseños originales del fabricante.	Dirección Eléctrica (EPS)	✓
Seguridad activa			
Sistema de iluminación.	Debe cumplir con las normas especificadas en la RVT. No está permitida tanto en el exterior el interior luces adicionales de otros colores o neón.	Certificado de RVT	✓
Avisador acústico (bocina)	Será el original del vehículo		✓
Seguridad pasiva			
Vidrios de seguridad	De acuerdo con el diseño original del fabricante	Certificado de RVT	✓
Parabrisas y luneta			
Cinturones de seguridad			
Asientos y cubiertas internas			

Fuente: Autores.

Realizando el análisis del cumplimiento de las especificaciones técnicas se ha descubierto la existencia de una contravención, ya que actualmente en Cuenca circulan taxis convencionales tipo Hatchback que según la normativa establecida no deberían circular porque están provistos de sistemas de telecomunicación que es una característica propia de taxis ejecutivos que únicamente aceptan tipo Sedán y Station Wagon.

Debido a que el vehículo Toyota Prius C no cumple con la normativa para taxis ejecutivos debido a que solo se aceptan de tipo Sedán y Station Wagon no se podrían implementar en la ciudad.

Mientras que el vehículo Hyundai Sonata, sí cumple con la normativa impuesta y servirá para la realización de las pruebas de consumo de combustible respectivas.

1.2 Definición del número de taxi más utilizado y el modelo más eficiente en consumo de combustible que existe en la ciudad mediante especificaciones técnicas del fabricante

1.2.1 Tipos o formas de conducción

Con el pasar del tiempo se han ido desarrollando nuevas ideas para reducir el consumo de combustible de un vehículo, una de las más representativas es el estudio de formas más eficientes de conducción.

Según el Instituto para la diversificación y ahorro de Energía de España, la conducción eficiente “Es un estilo de conducción dinámico, que implica saber adaptarse a las mejoras tecnológicas que incorporan los vehículos modernos para su mejor aprovechamiento” (Iciencia, 2005), llegando a la conclusión que es una manera económica para reducir el consumo que generan los vehículos en la actualidad debido a que se requiere solamente un cambio en el comportamiento del conductor.

(Iciencia, 2005) afirma además que la conducción de un vehículo implica una elevada carga de responsabilidad, por tanto, se requiere una actitud resuelta, decidida, y basada en una serie de directrices a considerar:

- Prever las situaciones peligrosas y anticipar a tiempo las maniobras a ejecutar, para evitar verse involucrado en maniobras comprometidas.
- Conocer las alternativas disponibles para solucionar una maniobra, y tener la capacidad para discernir cuál de ellas es la más adecuada.
- Evitar comportamientos arriesgados que pudieran generar situaciones de riesgo para los usuarios de la vía.
- Según (Iciencia, 2005) se ha de evitar la práctica de una conducción agresiva, basada en continuas aceleraciones y frenazos bruscos. Con la práctica de una conducción eficiente se logran ahorros de carburante de más del 30% respecto a una conducción agresiva.
- El rodaje por inercia: ante cualquier incidencia que se prevea en la vía o ante cualquier deceleración que se vaya a realizar, se utilizará la técnica del rodaje por inercia con la marcha engranada. De esta forma, además de ahorrar carburante, se favorece la previsión y la anticipación de cara a cualquier maniobra a realizar.
- La distancia de seguridad: se debe guardar una razonablemente amplia distancia de seguridad con el vehículo precedente, que permita al conductor responder de forma adecuada a las circunstancias del tráfico y de la vía. De esta forma, se conservará un mayor margen de actuación en la conducción, sin que ésta quede condicionada por las aceleraciones y frenadas del vehículo precedente.
- Con circulación densa, además de guardar la distancia de seguridad, se intentará acelerar y frenar siempre algo menos que el vehículo precedente, para evitar el llamado “efecto acordeón”.

1.2.2 Distribución de taxis que circulan en la ciudad de Cuenca según la marca del fabricante.

Debido a que se necesita escoger la marca y modelo que mayor número de unidades presente en la ciudad se analiza el parque automotor correspondiente a los taxis, Cedillo (2017) realizó la investigación del reparto de taxis en la que llega a la conclusión que la marca Hyundai lidera con 1664 taxis circulando en la ciudad de Cuenca, siendo la que mayor porcentaje presenta en la actualidad. La marca más utilizada como taxi es "Accent". El Hyundai Accent más utilizando es del año 2005 con 156 unidades con un motor con cilindrada de 1600cc.

1.2.3 Elección del taxi con menos consumo de combustible según las especificaciones del fabricante.

Según (Lima & Gálvez, 2016), el consumo de combustible varía en función del cilindraje de cada vehículo, es decir tanto mayor sea el cilindraje, mayor consumo tendrá, también dependerá del lugar en donde se conduzca el vehículo, ya sea en carretera o ciudad.

1.2.3.1 Consumo de combustible por modelo de vehículo

Se realizó la distribución de vehículos utilizados como taxis por marca, modelo, consumo (urbano, carretera, mixto) y cilindrada como se muestra en el Anexo 2.

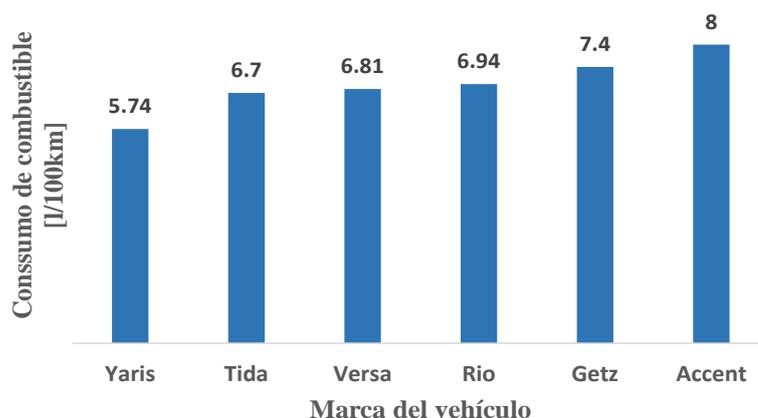


Figura 1.1. Consumo de combustible urbano.

Fuente: Autores.

En la Figura 1.1 se muestran los seis vehículos con menor consumo en zona urbana según los datos técnicos del fabricante, obteniendo como resultado que el Toyota Yaris es el que menor consumo genera con un valor de 5.74 l/100km, seguido por el Nissan Tida con 6.7 l/100km.

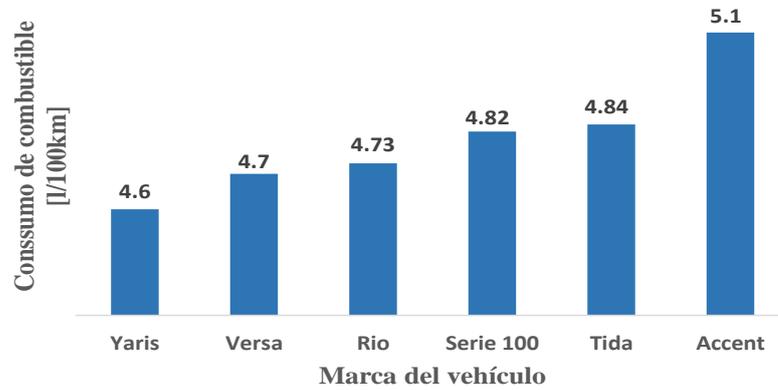


Figura 1.2. Consumo de combustible en carretera.

Fuente: Autores.

En la Figura 1.2 se muestran los seis vehículos con menor consumo en carretera según los datos técnicos del fabricante, obteniendo como resultado que el Toyota Yaris es el que menor consumo genera con un valor de 4.6 l/100km, seguido por el Nissan Versa con un valor de 4.7 l/100km.

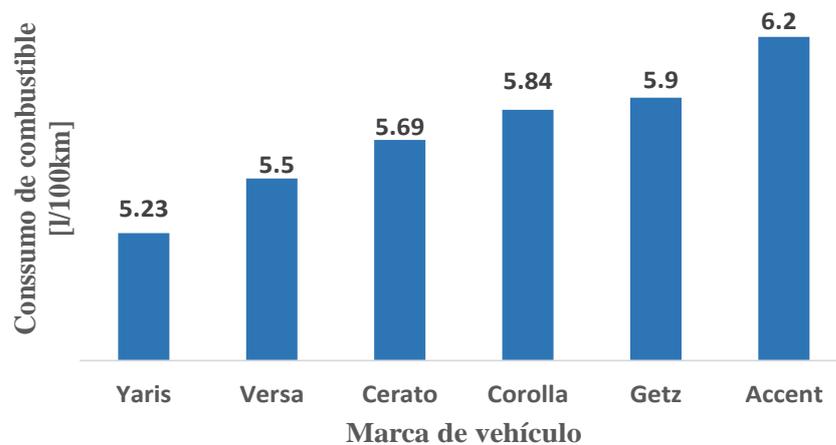


Figura 1.3. Consumo de combustible mixto.

Fuente: Autores.

En la Figura 1.3, se muestran los seis vehículos con menor consumo en zona mixta según los datos técnicos del fabricante, obteniendo como resultado que el Toyota Yaris es el que menor consumo genera con un valor de 5.23 l/100km, seguido por el Nissan Versa con un valor de 5.5 l/100km.

El modelo de taxi que se presenta en mayor número es el Accent del año 2005 con una cilindrada de 1600cc con 156 unidades por lo que se utilizará para las pruebas de consumo y su comparación con el vehículo híbrido.

El vehículo con menos consumo en las zonas: urbana, carretera y mixta, según los datos técnicos del fabricante, es el Toyota Yaris con una cilindrada de 1300cc con el cual se va a realizar la comparación teórica con el consumo del vehículo híbrido.

1.3 Definición del número de taxis, el número de pruebas y coeficiente de determinación R^2

1.3.1 Cculo de tamaño de la muestra conociendo el tamaño de la población

Para la obtención del número de vehículos en los que se debe realizar las pruebas es necesario tener en cuenta: el tamaño de la población que en este caso es 156 unidades, un nivel de confianza que indique la probabilidad de que los resultados de la investigación se ajusten a la realidad, para estudios de ingeniería se recomienda el valor de 1,96 equivalente a un nivel de confianza de 95%, el margen de error deseado de la muestra al que se le asigna el valor de 0,05 (5%) que es el permitido para que los resultados tengan la validez necesaria, la proporción de individuos que poseen en la población características de estudio, debido a que los vehículos son de características similares (marca, año y modelo) se tomar un valor de 0,999 y la proporción de individuos que no poseen características similares, este dato generalmente se lo calcula mediante la fórmula: 1-p por lo que se le asigna un valor de 0,001. Se utiliza la ecuación para estadística tamaño de la muestra:

$$n = \frac{Z^2 N(p.q)}{[E^2(N-1)] + [Z^2(p.q)]}$$

Ecuación 1

N: Tamaño total de la población.

Z: Es el nivel de confianza

E: Margen de error

p: Proporción de unidades que poseen en la población características de estudio.

q: Proporción de unidades que no poseen características similares.

$$n = \frac{1.96^2(156)(0.999 \times 0.001)}{[0.05^2(156 - 1)] + [1.96^2(0.999 \times 0.001)]} =$$

$$n = \frac{0,59}{0,39}$$

$$n = 1,52 \approx 2$$

La ejecución de pruebas se realizará en 2 vehículos Hyundai Accent del año 2005

1.3.2 Cculo del número de pruebas mediante el método estadístico de “Cculo de número de observaciones (tamaño muestral)”

El método estadístico garantiza un nivel de confianza del 95,45% y un margen de error de $\pm 5\%$ por lo que requiere un número de pruebas preliminares para establecer la cantidad final de pruebas a realizar mediante la siguiente ecuación:

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad \text{Ecuación 2}$$

n = Tamaño de la muestra (cantidad final de pruebas a realizar).

n' = Número de pruebas del estudio preliminar.

x = Valor de las pruebas preliminares.

40 = Constante para un nivel de confianza de 95,45%

Se realizan 9 pruebas preliminares de consumo de combustible para establecer la cantidad final de pruebas a realizar (n) que se muestran en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4. Pruebas preliminares.

n'	x	x^2
	[lt]	
1	0,27	0,0729
2	0,24	0,0576
3	0,23	0,0529
4	0,24	0,0576
5	0,25	0,0625
6	0,25	0,0625
7	0,24	0,0576
8	0,23	0,0529
9	0,26	0,0676
Σ	2,39	0,5765
$n = 4,19 \approx 5$		

Fuente: Autores.

Mediante los datos de consumo de combustible obtenidos en las pruebas preliminares se establece 5 pruebas a realizar para el presente estudio.

1.3.3 Coeficiente de determinación R^2

Un nivel de confianza de 0,95 implica que el 95% de todas las muestras darían un intervalo que incluye los parámetros que se estén estimando y sólo 5% de las muestras darían un intervalo erróneo. Los niveles de confianza más frecuentemente utilizados son 95%, 99% y 90%. Mientras más alto es el nivel de confianza, más fuerte es la creencia de que el valor del parámetro que se está estimando queda dentro del intervalo correcto. (Devore, 2008).

El coeficiente de determinación R^2 va enlazado directamente con el intervalo de confianza que para estudios de ingeniería se le asigna un valor de 95%.

R^2 será utilizado para indicar la calidad del modelo para replicar resultados, cuando se encuentre entre los valores aproximados o iguales a 0.95 podremos establecer que las pruebas tienen alto grado de similitud ya que deriva específicamente del valor de desviación estándar que se asigne al estudio.

1.4 Estandarización del estado del vehículo mediante el certificado de inspección vehicular.

La estandarización de los vehículos se la realizará mediante el certificado de revisión técnica vehicular, comprobando su cumplimiento, para garantizar que el vehículo fue aprobado y está en óptimas condiciones para circular por la ciudad, en base a esto se podrá realizar las pruebas para el presente estudio.

1.4.1 Métodos que se utilizan en la revisión técnica vehicular para la aprobación.

Inspección visual: Con esta inspección se podrá verificar los ruidos o vibraciones anormales, soldaduras mal realizadas en puntos específicos de algunos componentes, corrosión y holguras, piezas en mal estado, grietas y rupturas, así como también la recopilación de las medidas y valores que se deben evaluar en los vehículos de transporte público.

Inspección mecatrónica: Se utilizarán instrumentos tales como bancos de pruebas, instrumentos mecatrónicos, electrónicos y electromecánicos, por ejemplo: para medir el nivel de opacidad del humo de los motores a diésel se utiliza el opacímetro, los gases de escape de un motor de encendido por chispa se utiliza el analizador de gases, los niveles de ruido se utiliza el sonómetro, comprobar el sistema de frenos se utiliza el frenómetro, comprobar la intensidad y alineación de las luces altas y bajas se utiliza el luxómetro con regloscopio, comprobar el labrado de los neumáticos se utiliza un perfilador, comprobar la suspensión se utiliza un banco de suspensión. Todos los equipos van a estar acoplados a computadoras para así recibir y procesar los valores medidos al vehículo.

1.4.2 Partes del vehículo que se evalúan en la revisión técnica vehicular.

Hay partes del vehículo que destacan a ser evaluados principalmente por el grado alto de peligrosidad y que causen un accidente de elevada proporción descritos en el Anexo 3 en el cual se muestra un extracto de la norma *INEN NTE 2349 2003 “Revisión Técnica Vehicular Procedimientos”*.

De esta manera se verifica cada una de las partes del vehículo con su respectivo certificado de aprobación de RTV y se procederá con la ejecución de las pruebas establecidas para este estudio.

CAPÍTULO II

2. DESARROLLO DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE SEGÚN EL CICLO DE CONDUCCIÓN REPRESENTATIVO PARA TAXIS EN LA CIUDAD.

2.1 Definición de la metodología de medición de consumo de combustible.

La determinación del consumo de combustible de los vehículos se realizará siguiendo los pasos descritos en la normativa SAE J1321 “*Descripción de un procedimiento de prueba de consumo de combustible*”, utilizando un equipo dinamométrico de chasis que contiene un software en el cual se carga previamente el ciclo de conducción para taxis. Se seguirá las trayectorias de los ciclos y mediante los valores que genere un dispositivo de adquisición de datos se medirá el consumo estimado de combustible, tomando en cuenta las circunstancias de la localidad en las que se realizan las pruebas.

En la actualidad, los vehículos no tienen la misma configuración en lo que respecta a la resistencia al desplazamiento, por ejemplo en aspectos tales como: el peso, el comportamiento aerodinámico, la resistencia a la rodadura y la energía que necesita para poder moverse, no será la misma. Para realizar pruebas de consumo en el dinamómetro de chasis, hay que configurarlo para que ejerza resistencia al movimiento como si estuviera simulando que el vehículo esta con las mismas condiciones que estaría circulando normalmente en la vía. El dinamómetro de chasis relaciona la fuerza de resistencia sobre las ruedas, con la velocidad de desplazamiento empleando un modelo matemático, la cual es expresada a través de una ecuación de segundo grado “ $cx^2 \pm bx \pm a$ ”, con lo cual simula la resistencia al desplazamiento en el dinamómetro de chasis (Rockwood et al., 2017).

Para poder hallar los coeficientes de ajuste de carga A, B y C, se utilizará el método “coast down” en el cual se necesitan realizar pruebas de desaceleración libre.

Es preciso contar con un equipo el cual genere datos para la obtención de los coeficientes de ajuste (requeridos para la configuración del dinamómetro) y de medición de combustible para lo cual el scanner automatizado “ELM327 mini” que

conectado directamente en el computador del automóvil, usando el terminal OBD II, y mediante conexión Bluetooth puede visualizar todos los parámetros en el celular ANDROID usando el programa “Torque Pro”.

2.1.1 Metodología de validación del dispositivo de adquisición de datos ELM327.

Para realizar las pruebas utilizando el dispositivo ELM327 es conveniente ejecutar un procedimiento de validación mediante pruebas físicas con el fin de comprobar la exactitud de los datos que entrega.

2.1.2 Determinación de los coeficientes de ajuste de carga A, B y C.

Estos coeficientes que se obtienen mediante la ejecución de pruebas de desaceleración (coastdown) tanto en pista como en laboratorio (dinamómetro), como indica la norma SAE J1263 “*Medición de cargas de carretera y simulación en dinamómetro utilizando técnicas de desaceleración libre*”. Estas pruebas sirven para registrar datos del comportamiento dinámico de los vehículos, estimando los coeficientes de ajuste que permiten simular en cada prueba las fuerzas que se oponen al desplazamiento, estos coeficientes deben adicionarse a la configuración del software de simulación del dinamómetro de chasis, para establecer la ejecución de las pruebas y valorar el nivel de consumo de combustible que se genera.

Valores tales como: tiempo, velocidad, altitud, longitud y altura, se obtendrán mediante un dispositivo de adquisición de datos instantáneos (ELM327) que se sincroniza con la aplicación de celular para poder guardar los datos, de esta manera se realizará el procesamiento, análisis mediante hojas de cálculo utilizando los datos reales del vehículo como el área frontal, peso del vehículo, coeficiente aerodinámico de arrastre (C_d) y coeficiente de rodadura (f_r), con estos valores se puede establecer los coeficientes de carga que serán determinados por la línea de tendencia de la curva velocidad-fuerza calculada.

El vehículo necesita de cierta cantidad de energía para realizar un recorrido y esta se mide en función de las fuerzas que se oponen a su desplazamiento por lo que se realiza un análisis de la dinámica del vehículo:

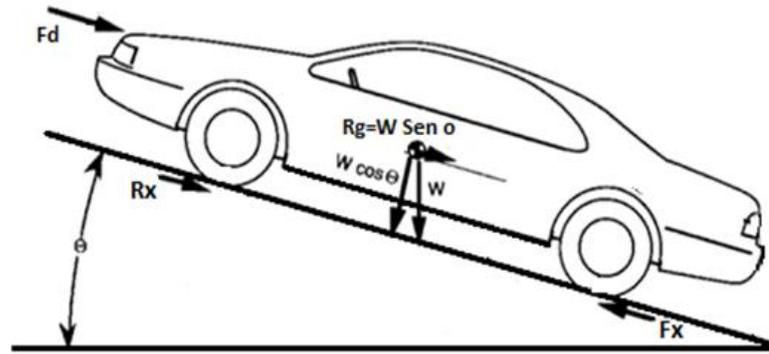


Figura 2.1. Fuerzas de dinámica del vehículo.

Fuente: Fundamentals of Vehicle Dynamics

En la Figura 2.1 se muestra la fuerza de tracción F_x [N] que es la responsable de la propulsión del vehículo y debe ser mayor a la sumatoria de fuerzas que se oponen para que exista movilización, dicha fuerza se denota mediante la ecuación 3: (Gillespie, 1992)

$$F_x = F_d + R_x + R_i + R_g \text{ [N]} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

- Fuerza de resistencia aerodinámica (F_d): Es creada por el aire cuando el vehículo empieza a moverse representada por la ecuación:

$$F_d = \frac{1}{2} * C_d * A * \delta_{\text{aire}} * V^2 \text{ [N]} \quad \text{Ecuación 4}$$

C_d : Coeficiente aerodinámico [-]

A : Área frontal del vehículo [m^2]

δ_{aire} : Densidad del aire [Kg/m^3]

V : Velocidad del vehículo [m/s]

- Fuerza de resistencia de rodadura (R_x): Se crea por la fricción que existe entre las ruedas y la calzada que se calcula mediante:

$$R_x = f_r * M * g * \cos\theta \text{ [N]} \quad \text{Ecuación 5}$$

fr: Coeficiente de rodadura [-]

M: Masa del vehículo [Kg]

g: Gravedad [m/s²]

θ: Pendiente [grados]

- Fuerza de resistencia por la inercia (Ri): Depende de la masa del vehículo y de la aceleración del mismo:

$$Ri = M * a \quad [N] \quad \text{Ecuación 6}$$

a: Aceleración del vehículo [m/s²]

- Fuerza de resistencia debida a la pendiente (Rg): Se crea por el ángulo de inclinación del camino en el que se encuentre el vehículo y se expresa como:

$$Rg = M * g * \text{sen}\theta \quad [N] \quad \text{Ecuación 7}$$

M: Masa del vehículo [Kg]

g: Gravedad [m/sg²]

θ: Pendiente [grados]

Los datos constantes que son necesarios para este cálculo se los obtiene mediante el manual del fabricante del vehículo, estos valores están descritos en la Tabla 2.7.

Los coeficientes aerodinámico y de rodadura, Cd y fr respectivamente, son fundamentales para hallar los valores de ajuste de carga A-B-C. Los valores de Cd y fr se consiguen mediante la revisión de los datos dados por los fabricantes de los vehículos para posteriormente realizar el cálculo de:

- Distancia (x): Calculada en cada segundo por la siguiente ecuación:

$$x = V * (t_i - t_{i-1}) \quad [m] \quad \text{Ecuación 8}$$

V: Velocidad [m/s]

t_i : Tiempo final [s]

t_{i-1} : Tiempo inicial [s]

- Pendiente: Que no debe superar una inclinación de 5% y calculada en cada segundo.

$$\vartheta = \sin^{-1} \frac{(Alt_i - Alt_{i-1})}{x_i} \quad [rad] \quad \text{Ecuación 9}$$

Alt_i : Altitud final [m]

Alt_{i-1} : Altitud inicial [m]

x_i : Distancia final [m]

- Aceleración: Calculada en cada segundo por la ecuación:

$$a_{cal} = \frac{(Fd + Rx + Rg)}{M} \quad [m/s^2] \quad \text{Ecuación 10}$$

- Velocidad calculada: obtenida en cada segundo por la siguiente ecuación:

$$V = (V_{i-1} - (t_i - t_{i-1})) * \frac{(Fd + Rx + Rg)}{M} \quad [m/s] \quad \text{Ecuación 11}$$

V_{i-1} : Velocidad inicial [m/s]

Estos valores permiten obtener la fuerza de coeficientes F_{coef} que se calcula en cada segundo con la velocidad medida por el dispositivo de adquisición de datos y con las constantes del vehículo, expresada como:

$$F_{coef} = F_0 + F_1 * (V) + F_2 * (V)^2 \quad [N] \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

F_0 : Coeficiente de ajuste de carga de rodadura [N]

F_1 : Coeficiente de ajuste de carga de fricción [N/ (km/h)]

F_2 : Coeficiente de ajuste de carga aerodinámico [N/ (km/h)²]

A los coeficientes se les asigna valores iniciales aleatorios con la finalidad de obtener una cifra de F_{coef} que más adelante servirá para cuantificar un error comparándola con la fuerza de tracción denotada por la ecuación:

$$F_{traccion.} = Fd + Rx \quad [N] \quad \text{Ecuación 13}$$

Es necesaria la obtención del error mínimo entre los valores de la fuerza de tracción calculada y fuerza de coeficientes para cada prueba ya que una vez que este error no exceda más del 5% se concluirá que los valores de los coeficientes de corrección serán correctos.

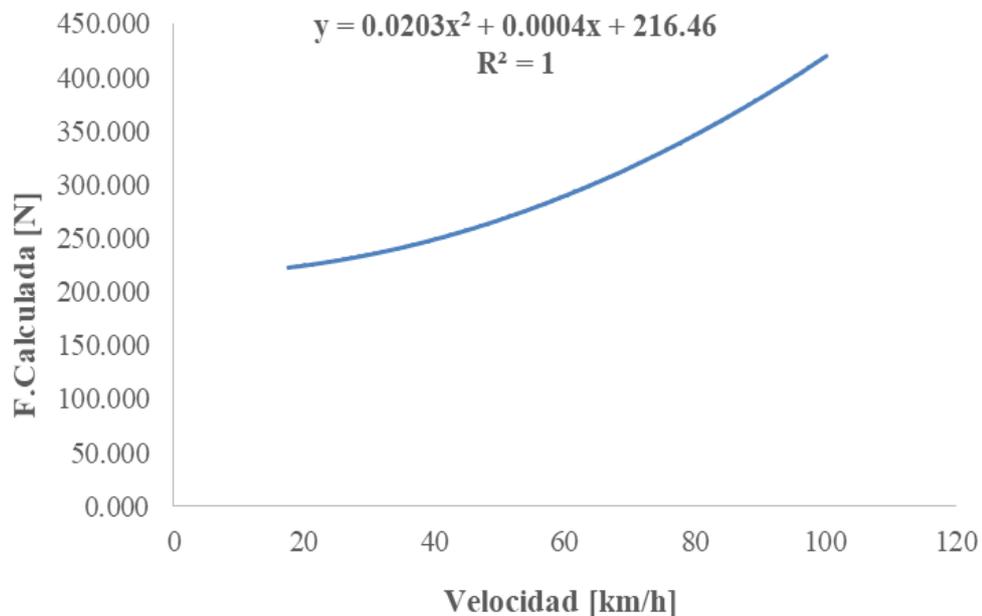


Figura 2.2. Gráfico fuerza de tracción vs velocidad del vehículo.

Fuente: Autores.

En la Figura 2.2 se muestran los coeficientes de ajuste de carga que se determinan mediante la ecuación de la curva formada al graficar la fuerza de tracción vs velocidad medida por el dispositivo de adquisición de datos, dicha ecuación es polinómica de segundo grado tal como lo es la ecuación F_{coef} en la que los valores F_0 , F_1 y F_2 corresponderán a A, B y C respectivamente que reemplazarán a los valores aleatorios asignados en un principio.

Para obtener las fuerzas de ajuste de carga realizando las pruebas coast down en el dinamómetro no se considerará la fuerza de tracción del vehículo sino la “*fuerza calculada en el dinamómetro de chasis*” denotada por:

$$F_{cat} = M * a \quad [N] \quad \text{Ecuación 14}$$

M: masa del rodillo [kg]

En última instancia, una vez conseguidos los valores de A, B y C tanto en las pruebas en carretera como en el banco, se procederá a restarlos entre sí obteniendo 3 valores reales que servirán para la configuración de las pruebas de consumo de combustible en el dinamómetro.

2.1.2.1 Prueba *coastdown* en pista

También llamadas pruebas de desaceleración libre en carretera, se toma como referencia las recomendaciones presentadas por la norma SAE J2264 “*Determinación de la medición de carga y simulación de dinamómetro mediante técnicas de coast down*”, en la que se acelera un vehículo hasta la velocidad de 120km/h y posteriormente se deja de accionar el acelerador, las marchas deben estar desacopladas con la palanca de cambios puesta en posición neutro para que no exista transmisión inversa desde las ruedas hacia el motor para que no genere frenomotor y por lo tanto detenga el vehículo, es importante mantener el motor encendido por seguridad, midiendo datos de velocidad y tiempo hasta que las fuerzas de dinámica del vehículo disminuyan la velocidad hasta 20 km/h, en este momento se deja de recolectar datos para empezar la siguiente prueba. Una vez que se consigue datos de velocidad y tiempo de diferentes pruebas, se definirán las fuerzas que influyen en la dinámica del vehículo realizando procesos para obtener los coeficientes de ajuste de carga A-B-C para dinamómetro de chasis. La ruta seleccionada para las pruebas no debe exceder una pendiente de 5%, debe ser de concreto, estar limpia, lisa y lo más seca posible.

2.1.2.2 Prueba *coastdown* en dinamómetro

Se toma como referencia las recomendaciones presentadas por la norma SAE J1263 “*Determinación de la medición de carga y simulación de dinamómetros mediante técnicas coast down*” en la que se ubica el vehículo en el banco dinamómetro con las

debidas precauciones de seguridad, se acelera el vehículo hasta 120km/h y posteriormente se deja de accionar el acelerador, las marchas deben estar desacopladas con la palanca de cambios puesta en posición neutro para que no haya transmisión de las ruedas hacia el motor para evitar frenomotor, también se debe estar con el motor encendido por seguridad, midiendo datos de velocidad y tiempo hasta que las fuerzas de dinámica del vehículo disminuyan la velocidad hasta 20km/h, en este momento se deja de recolectar datos para empezar la siguiente prueba.

2.2 Definición del tipo de ciclo representativo para taxis que se utilizará en las pruebas (ciclo corto, mediano o largo).

Según el estilo de manejar del conductor depende el consumo de combustible y las emisiones, mientras más brusco sea el manejo, mayor gasolina y emisiones va a consumir y emitir respectivamente, por eso hay formas de emular la manera de conducir de un sector, a esto se le conoce como ciclo de conducción generado a partir de la recolección de datos, dibujándolos en un plano velocidad-tiempo y así se obtiene un ciclo de conducción representativo de una zona. (Deuman, 2007)

El ciclo de conducción sirve principalmente para evaluar las emisiones y consumo de combustible y está ligado a las pruebas en el laboratorio que sirven para realizar certificaciones en países extranjeros (González Oropeza, 2005).

Según el estudio "Propuesta de criterios de selección para la obtención de ciclos de conducción, utilizando mínimas diferencias ponderadas" (Dávalos, 2017). El ciclo se obtuvo mediante una metodología que evalúa la energía demandada por el vehículo para superar la fuerza de arrastre (F_d), la resistencia a la rodadura (R_x), la inercia (R_i) y la resistencia debida a la pendiente (R_g). Este estudio se realizó en la ciudad de Cuenca, utilizando un taxi para recoger 512 viajes en 30 días de pruebas.

La metodología que se utilizó fue directa con ciclos transitorios en la que se realiza una selección de trayectos que representan un comportamiento real de manejo y un análisis de muestreo real con aceleración y velocidad variables.

En el ciclo obtenido mediante mínimas diferencias ponderadas se aplicó métodos estadísticos y promedios ponderados para seleccionar el ciclo medio de conducción en

base a consumo de combustible y la energía consumida. Se recolectan datos, muestras, es decir viajes para representar variables de ingreso, a éstas se les asigna ponderaciones para realizar un cálculo de mínimas diferencias en el cual se escoge un recorrido que se aproxima a la forma típica de conducir del taxi.

El ciclo seleccionado fue aquel que minimice el promedio de la diferencia de muestras con respecto a su media.

Según la resolución 073 del directorio de la Agencia Nacional de Tránsito en el artículo II de la metodología para la regulación de tarifas de taxis define tres tipos de trayectos: corto, intermedio y largo, debido a que no se especifican valores concretos, se aplicó un criterio de separación por distancias con un cálculo de límites de lectura de datos y una condición lógica siendo éstas: 0-2.5km (centro de la ciudad); 2.5-5km (mayoría de la ciudad) y >5km (entradas y salidas de la ciudad). Una vez separadas las tres distancias se procedió a hacer un cálculo de coeficiente de variación donde se selecciona la que mejor representa al ciclo.

Para la obtención del ciclo de conducción se siguieron 4 pasos principales:

- Obtención de parámetros estadísticos: Recolectar datos tales como: velocidad, tiempo y altitud.
- Cálculo de parámetros resumen: Las fuerzas dinámicas del vehículo y fuerza en rueda.
- Cálculo de promedios ponderados: Energía en rueda, energía en rodadura, pendiente, arrastre e inercia.
- Resultados: El promedio de cada uno de los valores ponderados.

2.2.1 Ciclo de conducción corto.

Este ciclo tiene una duración de 348 segundos, un recorrido de 2.02 km, una velocidad promedio de 19.7 km/h y una velocidad máxima de 55km/h (Dávalos, 2017)

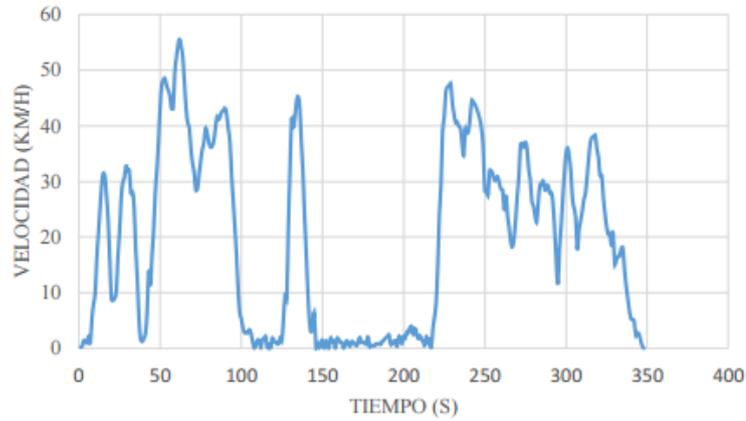


Figura 2.3. Ciclo de conducción corto.

Fuente: (Dávalos, 2017)

2.2.2 Ciclo de conducción mediano.

Tiene una duración de 600 segundos, un recorrido de 4.05 km, una velocidad promedio de 54.2 km/h y una velocidad máxima de 60 km/h. (Dávalos, 2017)

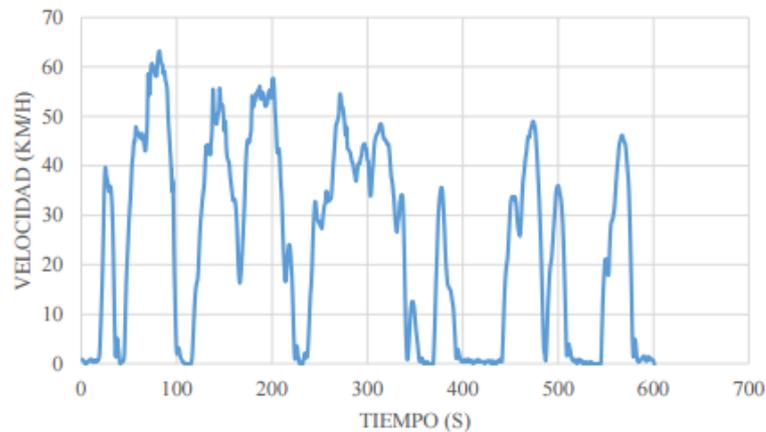


Figura 2.4. Ciclo de conducción mediano.

Fuente: (Dávalos, 2017)

2.2.3 Ciclo de conducción largo.

Tiene una duración de 960 segundos, un recorrido de 6.10 km, una velocidad promedio de 25.5 km/h y una velocidad máxima de 72 km/h. (Dávalos, 2017)

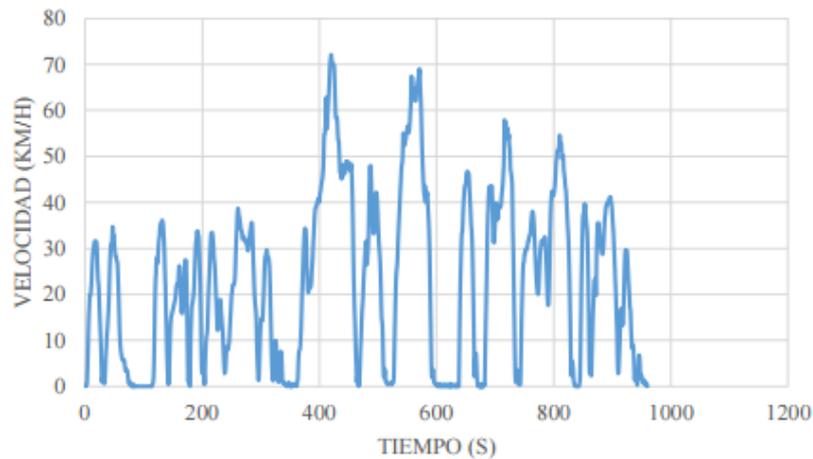


Figura 2.5. Ciclo de conducción largo.

Fuente: (Dávalos, 2017)

El ciclo de conducción que se ha escogido para la ejecución de las pruebas es el que comprende la práctica de carreras medianas, ya que es el que mayor representación tiene para la ciudad debido a que está comprendido por un rango intermedio de valores entre ciclos largos y cortos y además abarca un radio de 5 km que comprende la mayor parte del casco urbano de la ciudad de Cuenca.

2.3 Instrumentación de los vehículos para realizar las pruebas

Para realizar las diversas pruebas de validación, coastdown y de consumo de combustible se necesita diferentes tipos de instrumentación que se describen a continuación:

2.3.1 Herramienta de interfaz ELM327 mini Bluetooth V2.1

Herramienta para el diagnóstico del motor mediante conexión OBD2-Bluetooth con las siguientes características:

- Conexión inalámbrica (Bluetooth)
- Software incluido para Android, Windows e IOS
- Funcionamiento mediante normativa ISO 9141, KWP2000
- Compatible con SAE J1850 y CAN bus

- Brinda valores instantáneos con frecuencia de 1Hz para sensores tales como: RPM del motor, temperatura del refrigeración, estado del sistema de combustible, velocidad del vehículo, consumo de combustible, presión del múltiple entradas, avance de tiempo, temperatura del aire, flujo de aire, posición de acelerador, estado del sistema de carburador, presión de carburante

2.3.2 Software “Torque” para Android

Aplicación para sistemas operativos Android, utiliza el enlace Bluetooth para conectarse al equipo ELM327 conectado al vehículo con la finalidad de exportar datos y códigos de diagnóstico en tiempo real proporcionados por la ECU del motor.

2.3.3 Dinamómetro de chasis

Para este estudio se utilizará un dinamómetro de chasis AutoDyn 30 del fabricante SuperFlow, este equipo mide la fuerza y potencia que el motor del vehículo entrega para posteriormente obtener un gráfico de la potencia y torque del motor en función de las rpm y la velocidad de giro.

Este equipo tiene un freno magnético que utiliza solenoides de corrientes de Eddy (generadas cuando un conductor atraviesa un campo magnético) para generar resistencia al giro de los rodillos que están conectados por un eje al freno de Eddy, dicho eje es impulsado por las ruedas del vehículo. Este magnetismo se incrementa y se disminuye dependiendo de la corriente aplicada a las bobinas del freno de Eddy, esta corriente puede ser medida para realizar el cálculo de cuanto se necesita para generar una fuerza determinada de resistencia con objeto de frenar los rodillos del dinamómetro y con cálculos ya establecidos igual que comprobados facilite la determinación de las magnitudes de torque y potencia.

Al mismo tiempo cuenta con una función de simulación de ciclos de conducción que se pueden cargar al software del dinamómetro de chasis para poder simular una forma definida de conducir.



Figura 2.6. Dinamómetro de Chasis AutoDyn 30.

Fuente: <http://www.superflow.com/aspx>

2.3.4 Cánister limpiador de inyección de combustible OTC

El OTC 7448A está diseñado para tener conexión directa al riel de combustible y la limpieza por inyección. El proceso recomendado funciona con un solvente de limpieza fuerte, que se introduce directamente en el riel de combustible, donde se obtiene el máximo beneficio. Los desechos que se sueltan o se disuelven se queman y finalmente se eliminan a través del sistema de escape de los vehículos.

2.4 Desarrollo de pruebas previamente definidas en la metodología.

En este punto se desarrolla las pruebas y se recolecta datos para una posterior comparación de consumo de combustible entre los vehículos utilizando el ciclo de conducción medio para taxis. Para poder realizar estas pruebas en el dinamómetro de chasis se necesitan definir los coeficientes A, B y C.

2.4.1 Prueba de validación.

2.4.1.1 Hyundai i10

Se instrumentó un vehículo para realizar la prueba de validación del equipo de recolección de datos (ELM 327) comparándolo con un cánister (OTC) conectándolos a un vehículo sobre el dinamómetro de chasis para seguir un ciclo de conducción (HWFET).

Procedimiento:

- a) Realizar la medición de la masa de combustible en gramos de diferentes volúmenes de combustibles mediante una balanza, dichos volúmenes se los mide en probetas como se muestra en la Figura 2.7. Restar la masa de la probeta para obtener la masa real de combustible en todas las mediciones.



Figura 2.7. Medición de masa del combustible.

Fuente: Autores.

- b) Se realiza una regresión lineal con los valores indicados en la Tabla 2.1 obteniendo un coeficiente de determinación entre la masa y el volumen como se muestra en la Figura 2.8, obteniendo una densidad con un margen de error del 0.1% utilizando la ecuación:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

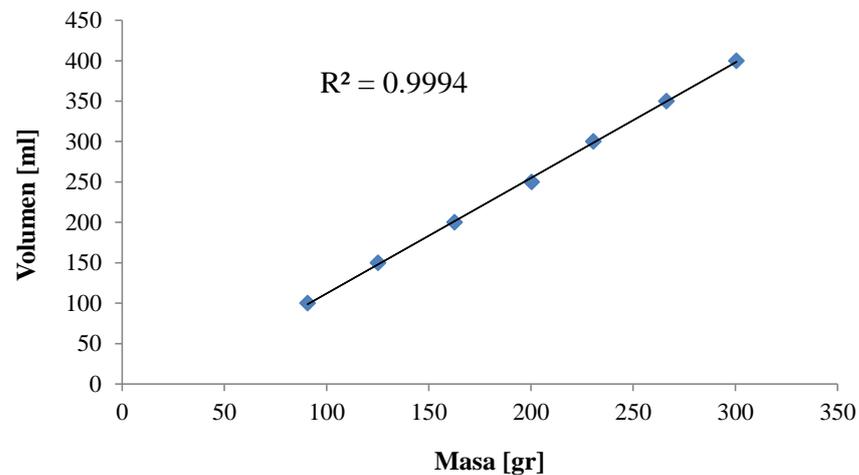
ρ = Densidad

m = masa

V = Volumen

Tabla 2.1. Valores medidos de masa y volumen.

Masa neta de combustible [gr]	Volumen [ml]	Densidad calculada [gr/ml]
90.8	100	0.91
125.2	150	0.83
162.6	200	0.81
200.4	250	0.80
230.6	300	0.77
266.4	350	0.76
300.6	400	0.75
	Promedio	0.81

Fuente: Autores.**Figura 2.8.** Coeficiente de determinación de la densidad.**Fuente:** Autores.

- c) Se realiza las pruebas de consumo siguiendo ciclos de conducción en un dinamómetro de chasis, siendo un recipiente externo como se muestra en la Figura 2.9 el que alimente de combustible al vehículo. El vehículo debe estar a temperatura normal de funcionamiento.



Figura 2.9. Cánister.

Fuente: Autores.

- d) Colocar el vehículo sobre los rodillos del dinamómetro y anclar con las cintas de seguridad.
- e) Desactivar la bomba de combustible del vehículo, bloquear la línea de retorno de combustible del riel de inyectores vehículo y verificar que no hayan fugas de combustible.
- f) Conectar el recipiente externo (cánister) al riel de inyectores y a este recipiente conectar la manguera de aire a presión. Consultar el manual de servicio del vehículo para determinar las especificaciones de operación de presión de combustible.



Figura 2.104. Conexión del cánister hacia el riel de combustible.

Fuente: Autores.

- g) Se mide el volumen, masa y temperatura del combustible que va a ser agregado en el recipiente externo tal y como se lo indica en la Tabla 2.

Tabla 2.2. Valores de volumen y masa.

Prueba	Volumen	Masa	Temperatura
	[ml]	[gr]	°C
1	550	408.1	15.4
2	550	401.8	15.8
3	550	415.1	16.8
4	550	401.3	18.6
5	550	402	17.3
6	550	401.9	18.1
7	550	402	19

Fuente: Autores.

- h) Conectar el dispositivo ELM327 al puerto OBDII configurándolo con los datos del vehículo.
- i) Encender el vehículo y realizar el ciclo de conducción seleccionado.
- j) Medir la masa, temperatura y calcular el volumen de combustible sobrante en el recipiente externo utilizando la densidad teórica de la gasolina y anotar sus valores indicados en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Valores de volumen masa y temperatura.

Prueba	Volumen	Masa	Temperatura
	[ml]	[gr]	°C
1	87.5	64.7	19.4
2	171.0	126.5	19.8
3	192.0	142	19.6
4	178.9	132.3	22.2
5	183.9	136	20.6
6	176.6	130.6	21.6
7	188.5	139.4	20.2

Fuente: Autores.

- k) Realizar la resta de masa medida antes de realizar el ciclo de conducción con respecto al valor de masa restante al finalizar el ciclo, lo que resultará en la masa consumida en cada prueba como se lo indica en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Masa consumida de combustible.

Prueba	Diferencia de masa
	[gr]
1	343.4
2	275.3
3	273.1
4	269
5	266
6	271.3
7	262.6

Fuente: Autores.

- l) Dividir el valor de la diferencia de masa para la densidad obtenida en el paso b. Obteniendo el valor de consumo de combustible en mililitros para el ciclo seguido.

Tabla 2.5. Volumen calculado en cada prueba.

Prueba	Volumen Calculado
	[ml]
1	426.31
2	341.77
3	339.04
4	333.95
5	330.23
6	336.80
7	326.00

Fuente: Autores.

- m) Obtener el valor de consumo de combustible del dispositivo ELM327.
- n) Realizar el mismo procedimiento para tener varios datos para comparar tal como se muestra en la Tabla 2.6.

Tabla 2.65. Resultados de consumo durante el ciclo.

Prueba	Volumen Calculado	Volumen ELM327
	[ml]	[ml]
1	426.31	478
2	341.77	435.7
3	339.04	430.6
4	333.95	427.9
5	330.23	427.9
6	336.80	427.6
7	326.00	421.2

Fuente: Autores.

- o) Mediante una regresión lineal obtener el coeficiente de determinación para ajustar los datos obtenidos en las pruebas de medición como se muestra en la Figura 2.11.

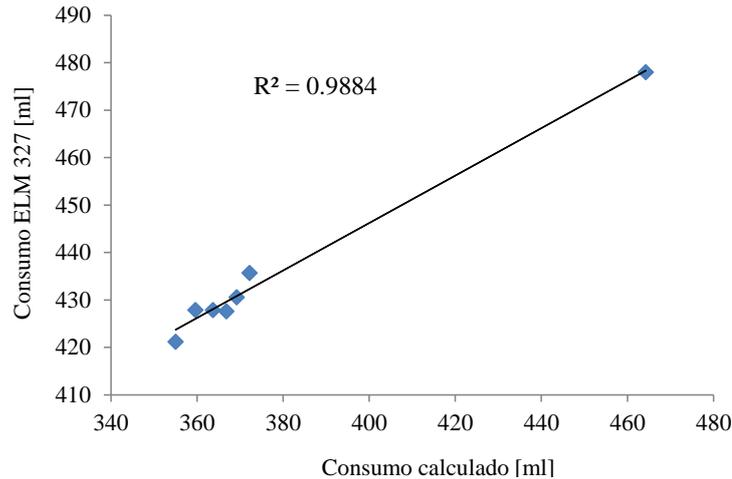


Figura 2.11. Coeficiente de determinación de consumo.

Fuente: Autores.

Tomado en cuenta que este factor debe ser cercano a 1 se llegó a obtener un valor de 0.9884 que es un nivel de confianza de 98%, esto implica que todas las muestras darían un intervalo que incluye los parámetros que se están estimando y sólo 2% de las muestras darían un intervalo erróneo.

2.4.2 Pruebas coastdown para la determinación de los coeficientes de carga A, B y C.

Para determinar estos coeficientes se utilizan métodos de desaceleración (coastdown) en el dinamómetro de chasis y de igual manera pruebas de desaceleración libre para determinar la resistencia de avance bajo las condiciones atmosféricas de la zona obteniendo datos de velocidad y tiempo.

2.4.2.1 Hyundai Sonata

2.4.2.1.1 Obtención del área frontal

El área frontal del vehículo Sonata híbrido fue calculada mediante el software Inventor en el cual se dibujó el perfil del vehículo dando como resultado 2,192 m²:

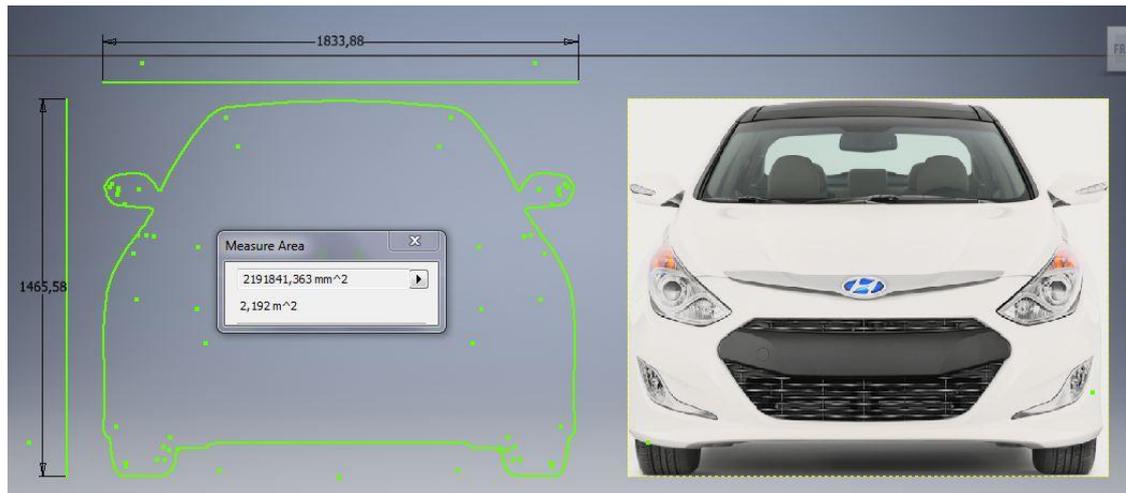


Figura 2.12. Obtención del área frontal del Sonata híbrido.

Fuente: Autores.

Los vehículos que se van a utilizar para el estudio son: Hyundai Sonata Híbrido 2.4, 2015 y Hyundai Accent 1.6, 2005 que despliegan los parámetros en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Parámetros de los vehículos para el cálculo de las fuerzas.

Parámetros	Hyundai Sonata Híbrido		Hyundai Accent	
Densidad del aire	0.96	[kg/m ³]	0.96	[kg/m ³]
Gravedad (g)	9.72	[m/s ²]	9.72	[m/s ²]
Masa (M)	1591	[kg]	1124	[kg]
Área Frontal (A)	2.192	[m ²]	1.83	[m ²]
Radio dinámico de la rueda (Rd)	33.88	[cm]	29.81	[cm]
Coefficiente aerodinámico (Cd)	0.25	[-]	0.35	[-]
Coefficiente de rodadura (fr)	0.014	[-]	0.014	[-]
Consumo de combustible urbano	6.35	[L/100km]	8.94	[L/100km]

Fuente: Autores.

2.4.2.1.2 Prueba coastdown en pista.

Se realizo pruebas de desaceleracion colocando el instrumento de medicion ELM327 para que proporcione los datos de velocidad y tiempo, empezando desde 120 km/h, desde ese instante se deja que el vehículo desacelere de manera natural sin acelerar ni frenar, la prueba termina cuando el vehículo haya llegado a 0 km/h. Para esta prueba el vehículo y la ruta deben presentar buenas condiciones. La pendiente de la ruta no debe exceder del 5%, por lo que las pruebas se llevaron a cabo en las afueras de la ciudad de Cuenca, en la carretera panamericana 35 localizada en la parroquia Cumbe como se observa en la Figura 2.13 y 2.14.

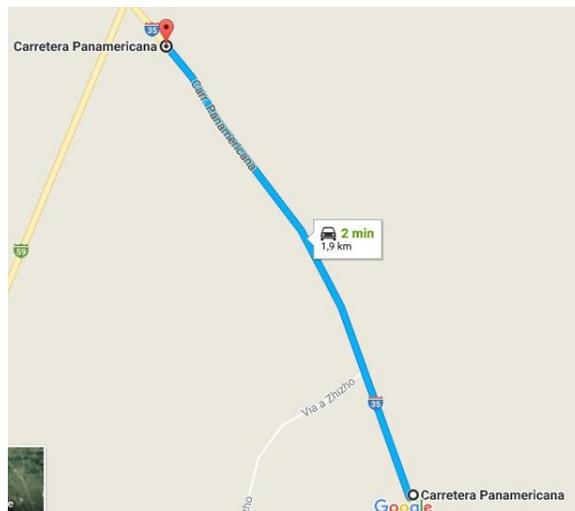


Figura 2.13. Ubicacion de la pista de prueba

Fuente: (Google maps, 2017)

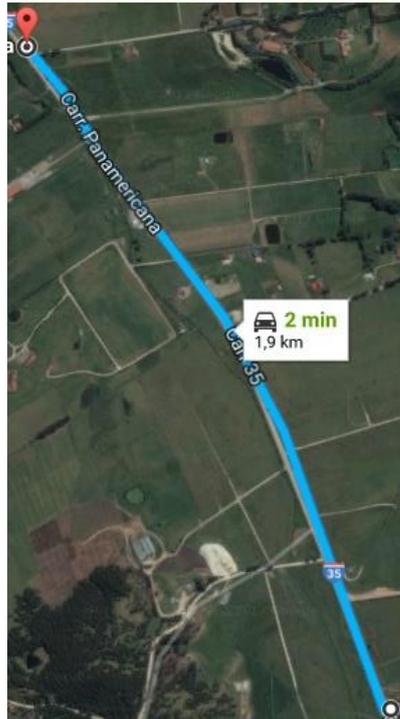


Figura 2.14. Ruta que se escogió para las pruebas.

Fuente: (Google maps, 2017)

Después de haber procesado los datos obtenidos de las pruebas en carretera con el Sonata se obtuvo los valores de coeficientes de carga descritos en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8. Coeficiente de ajuste de carga en carretera.

Coef. de carga en carretera	
F0	216.46
F1	0.0004
F2	0.0203

Fuente: Autores

2.4.2.1.3 Pruebas coastdown en el dinamómetro de chasis.

Al igual que la prueba anterior (prueba coastdown en pista), se sigue el mismo procedimiento realizándolo en el dinamómetro para obtener los datos de velocidad y tiempo para su posterior procesamiento. Se debe tener en cuenta el peso del rodillo en vez de la masa del vehículo para obtener la fuerza calculada en el dinamómetro de

chasis y finalmente obtener los coeficientes de ajuste de carga como se muestra en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9. Coeficientes de ajuste de carga en el dinamómetro de chasis.

Coeficiente de carga en el banco	
D0	79.44
D1	13.7445
D2	-0.0887

Fuente: Autores.

2.4.2.1.4 Coeficientes de carga A, B y C

Para la determinación de los coeficientes se realiza la resta entre los obtenidos de las pruebas coast down en pista menos los del dinamómetro, consiguiendo los valores descritos en la Tabla 2.10.

Tabla 2.10. Coeficientes de ajuste de carga del Hyundai Sonata Híbrido para el dinamómetro.

Coef. de ajuste de carga para el banco dinamométrico	
A	137.03
B	-13.7441
C	0.1090

Fuente: Autores.

2.4.2.2 Accent 2005

Los coeficientes de ajuste de carga para realizar las pruebas de consumo del Hyundai Accent en el dinamómetro de chasis se obtuvieron del estudio “Análisis de las condiciones de operación de los taxis de la ciudad de Cuenca para la implementación del sistema Start-Stop” ya que se utiliza el vehículo del mismo año. Los coeficientes serían los descritos en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11. Coeficientes de ajuste de carga para el dinamómetro.

Coef. de ajuste de carga para el banco dinamométrico	
A	143.12
B	0.0001
C	0.0312

Fuente: Cedillo.

2.4.3 Desarrollo del número de pruebas previamente definidas en la metodología haciendo uso del dinamómetro de chasis.

Se obtendrá datos de consumo en tiempo real con un intervalo de 1 segundo utilizando el dinamómetro y el ELM327 conectado al OBD de los vehículos bajo el ciclo de conducción de taxis mediano (TAXI_M).

2.4.3.1 Hyundai Sonata Híbrido.

**Figura 2.15.** Sonata Híbrido montado en el dinamómetro de chasis.

Fuente: Autores.

En la Figura 2.15 se muestra el Hyundai Sonata Híbrido montado en el dinamómetro listo para empezar las pruebas de consumo, el proceso que se sigue es el siguiente:

- Ubicar el vehículo en el dinamómetro de chasis siguiendo las normas de seguridad preestablecidas.
- Sujetar el vehículo en los apoyos de anclaje utilizando correas de tensión.
- Realizar una prueba para confirmar que el vehículo está anclado correctamente.

- Ingresar los datos del vehículo al dinamómetro de chasis y seleccionar el ciclo de conducción TAXI_M.
- No se ingresó los coeficientes de carga al dinamómetro ya que su configuración es desconocida para que funcione correctamente por lo que se les asignó un valor de 0.
- Se conectó el instrumento de medición (ELM 327) al OBD de vehículo y se lo sincronizó con la aplicación descargada en el Smartphone (Torque) para empezar la prueba.
- Se realiza las pruebas previamente definidas en la metodología.
- Una vez terminadas las pruebas y con la recolección satisfactoria de datos, se procede a bajar el vehículo de manera inversa a la descrita anteriormente.

2.4.3.2 Accent 2005



Figura 2.16. Primer Hyundai Accent 2005 montado en el dinamómetro.

Fuente: Autores.



Figura 2.17. Segundo Hyundai Accent 2005 montado en el dinamómetro.

Fuente: Autores.

En la Figura 2.16 y 2.17 se muestra a los Hyundai Accent ubicados sobre el dinamómetro listos para empezar las pruebas de consumo, el proceso realizado para la prueba de consumo en el Hyundai Accent es el mismo que se siguió en la prueba de consumo del Sonata Híbrido.

2.5 Procesamiento de datos.

2.5.1 Obtención de datos mediante dispositivo ELM 327.

El dispositivo puede entregar datos con frecuencia de 1 Hz y con una cantidad indefinida de características de funcionamiento del vehículo por lo que se seleccionaron las que se necesitan para el presente estudio, siendo: Tiempo transcurrido, combustible utilizado durante el viaje, velocidad mediante OBD y la distancia recorrida en cada prueba, como se las muestra en el Anexo 3.

2.5.2 Procesamiento de datos.

Mediante los datos de consumo de combustible obtenidos en las pruebas preliminares se establecieron 5 pruebas a realizar para el presente estudio, pero con el objetivo de obtener un valor de medición con un nivel de confianza mayor se realizaron 10 pruebas para cada vehículo las cuales se denotan mediante una gráfica de consumo y tiempo transcurrido.

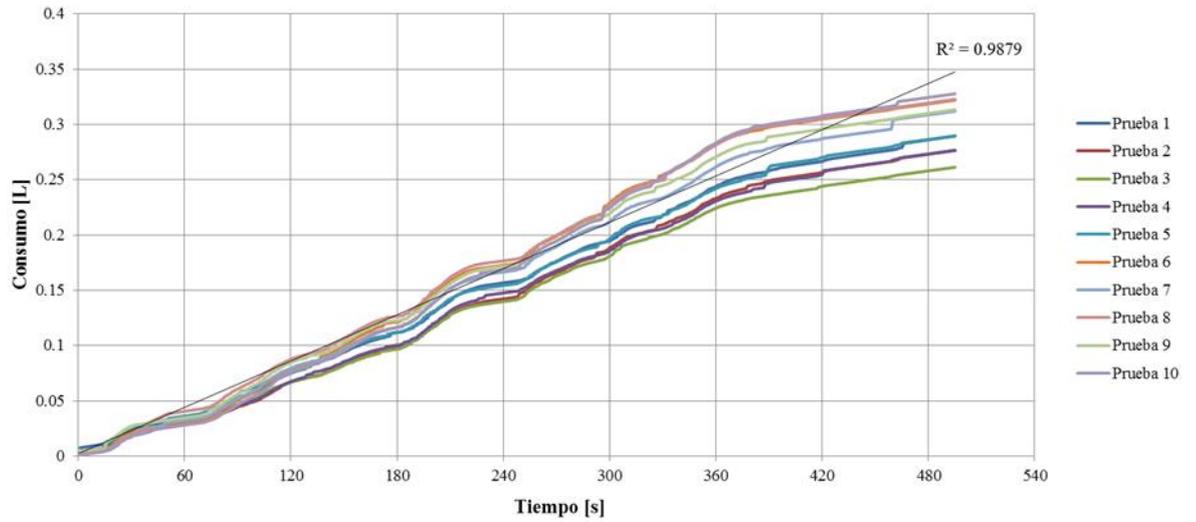


Figura 58: Pruebas de consumo en el primer Accent.

Fuente: Autores.

En la Figura 2.18 se indica los datos graficados de consumo que se obtuvieron del primer vehículo Hyundai Accent en el que se realizaron las pruebas que demuestran un coeficiente de determinación R^2 de 0.98 el cual nos indica un nivel de confianza del 98%.

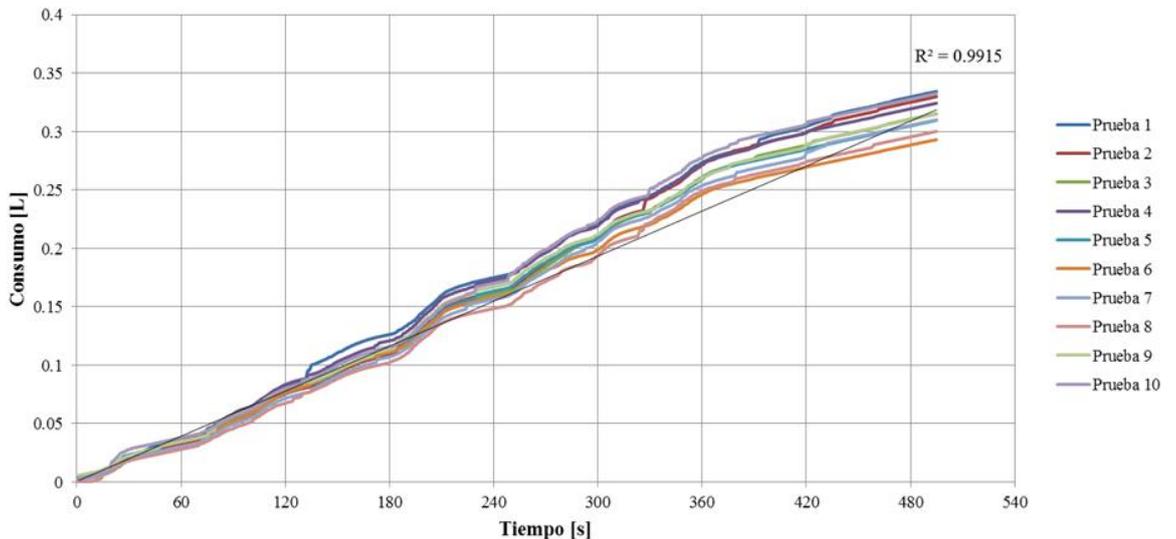


Figura 619. Pruebas de consumo en el segundo Accent.

Fuente: Autores.

En la Figura 2.19 se indica los datos graficados de consumo que se obtuvieron del segundo vehículo Hyundai Accent en el que se ejecutaron las pruebas y demuestran un coeficiente de determinación R^2 de 0.99 el cual nos indica un nivel de confianza del 99% entre cada una.

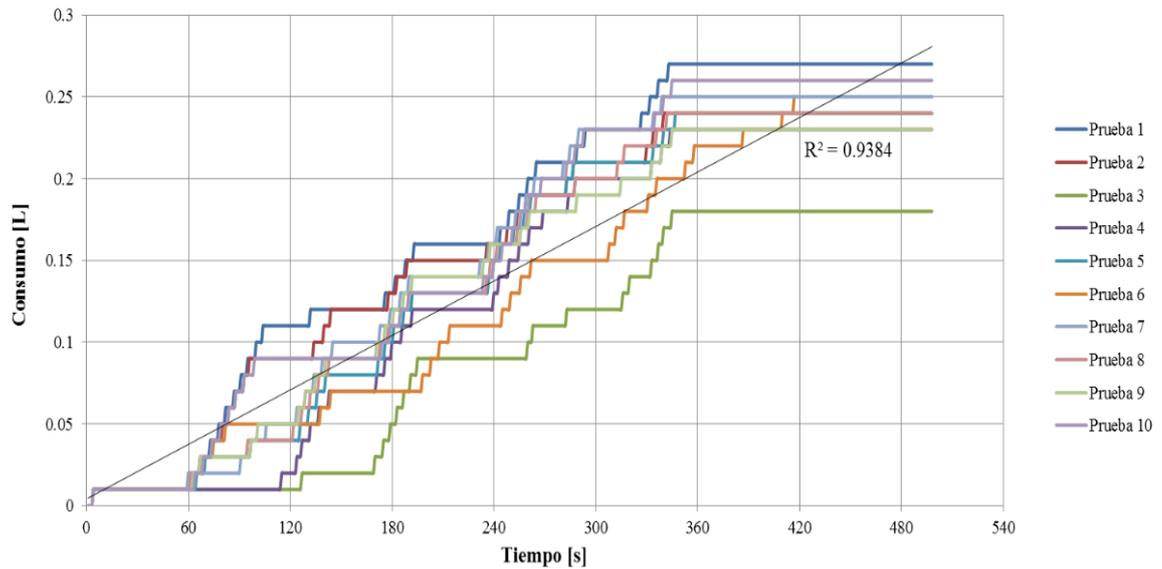


Figura 7. Pruebas de consumo del Hyundai Sonata.

Fuente: Autores.

En la Figura 2.20 se indica los datos graficados de consumo que se obtuvieron del vehículo Hyundai Sonata Híbrido en el que se realizaron las pruebas, a diferencia de las Figuras 2.18 y 2.19 se puede observar que hay valores de consumo constante de combustible en cada prueba, esto indica que el motor de combustión del vehículo est apagado y solo est funcionando el motor eléctrico, por lo tanto se muestra un coeficiente de determinación R^2 de 0.93 el cual indica un nivel de confianza del 93% debido a que la configuración híbrida del vehículo tiene factores cuyo control es difcultoso tales como: freno regenerativo y la descarga de voltaje de la batería que intervienen directamente en el funcionamiento del motor de combustión por lo que repercuten en la similitud de las pruebas.

Una vez que se ha cumplido con el procesamiento de la información de las pruebas se procede a realizar la curva tpica de consumo durante el ciclo de taxis para cada

vehículo, para esto se ejecuta un cálculo de promedio entre cada una de las 10 pruebas en función del tiempo transcurrido.

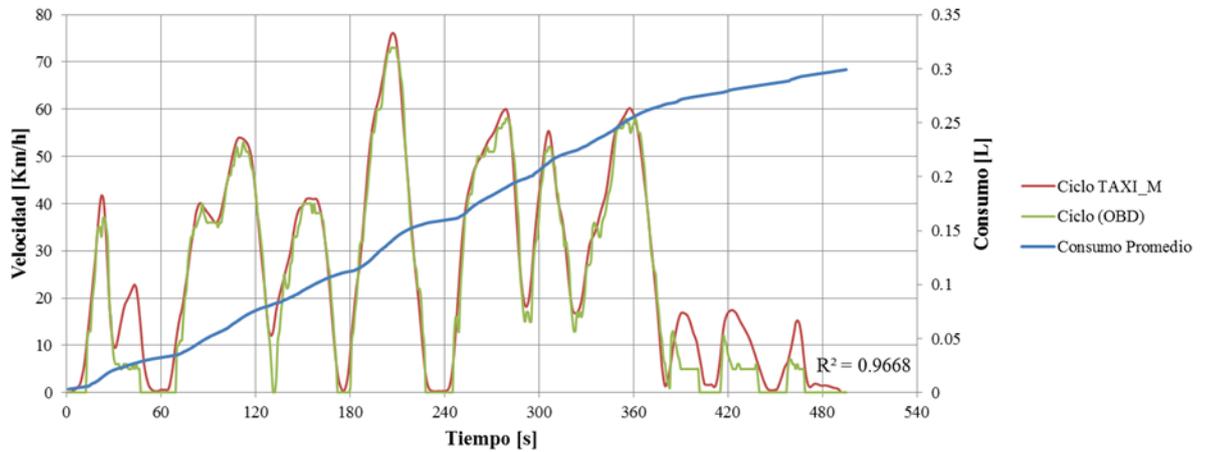


Figura 2.21. Ciclo real y obtenido del primer Accent.

Fuente: Autores

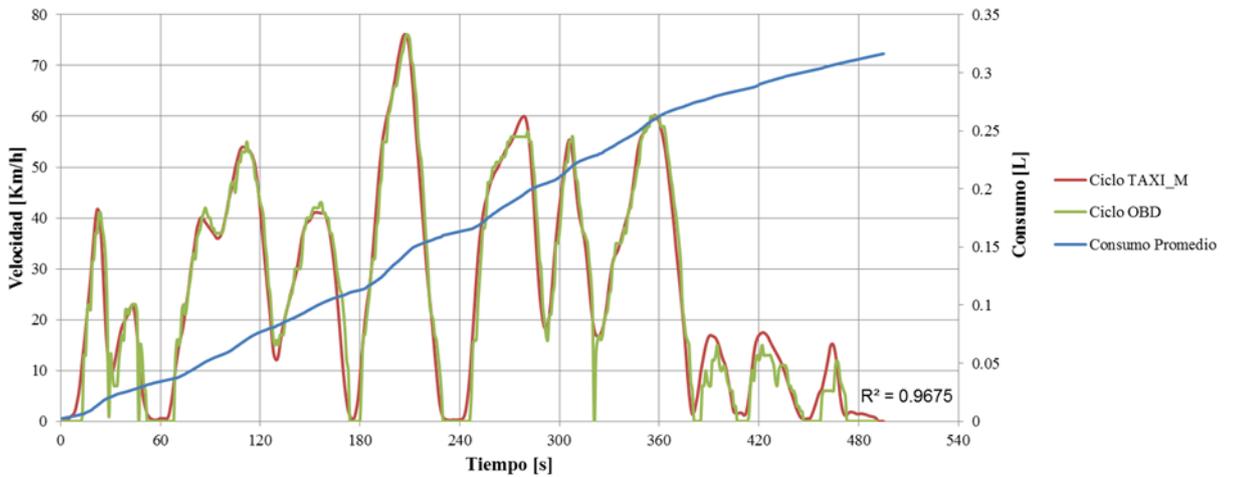


Figura 2.22. Ciclo real y obtenido de segundo Accent.

Fuente: Autores.

En las Figuras 2.21 y 2.22, se expone la comparación entre el ciclo de conducción TAXI_M (Taxi-medio) dado por el dinamómetro con el brindado por la ECU del primer y segundo Hyundai Accent respectivamente que exponen características similares, con un 96% de similitud; denotada por color azul se encuentra la línea promedio de consumo de combustible para este ciclo. Se muestra que a bajas

velocidades el grado de inclinación de la pendiente de la curva de consumo disminuye por lo tanto se corrobora que el vehículo consume menos en el lapso de tiempo que se encuentra a baja velocidad.

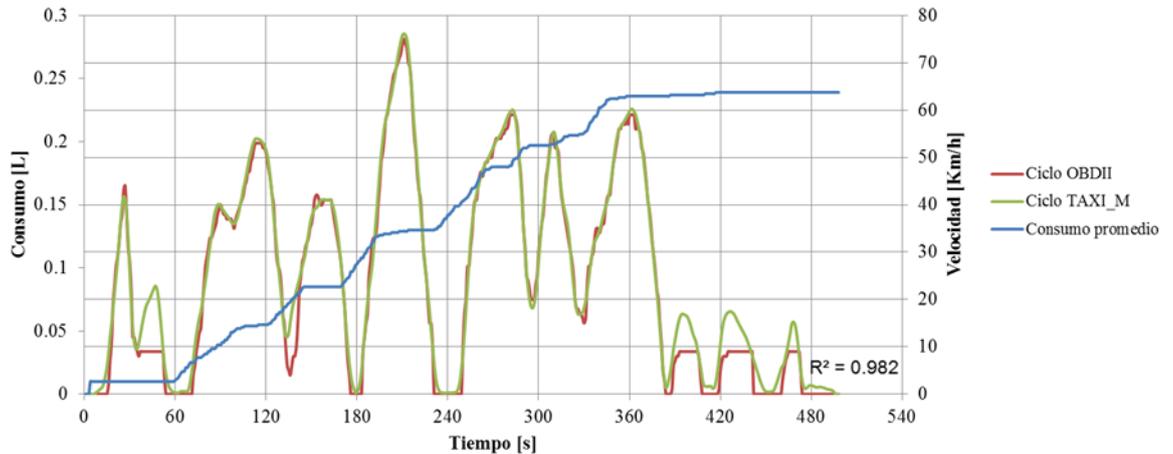


Figura 2.23. Ciclo real y obtenido del Sonata Híbrido.

Fuente: Autores.

En la Figura 2.23 se muestra la comparación entre el ciclo de conducción dado por el dinamómetro con el brindado por la ECU del vehículo híbrido con un 98% de similitud y la línea promedio de consumo de combustible es denotada por color azul. Se muestra que en velocidades continuas bajas y altas el grado de inclinación de la pendiente promedio disminuye por lo tanto existe un menor consumo mientras que, en cambios bruscos de velocidad existe un mayor gasto de combustible.

Para establecer la diferencia del consumo estimado en ambos casos de los vehículos Hyundai Accent 2005 y Sonata 2015 se consideran los valores que manifiesta el “Departamento de Energía de Estados Unidos” para su comparación con respecto al valor que presentan las pruebas en laboratorio realizadas con el ciclo TAXI_M.

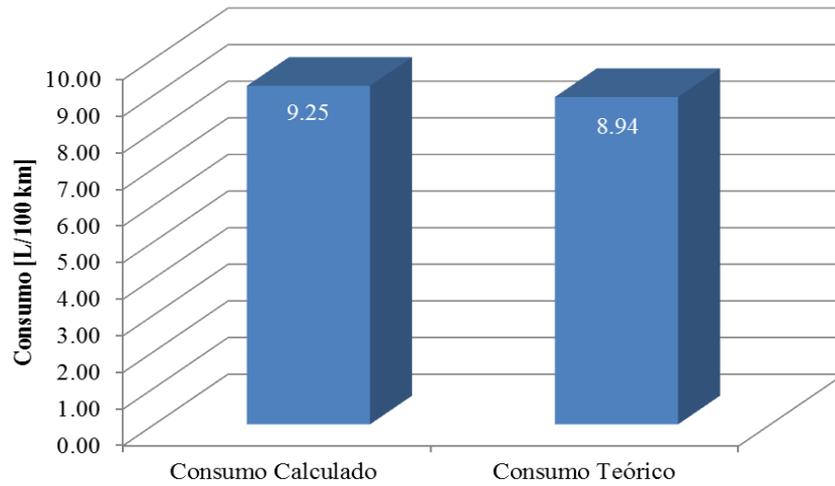


Figura 8.24. Consumo calculado y teórico de primer Accent.

Fuente: Autores.

En la Figura 2.24 del primer vehículo Accent se observa que el consumo teórico presenta 3.3% menos de gasto de combustible con respecto al valor que presentan las pruebas realizadas.

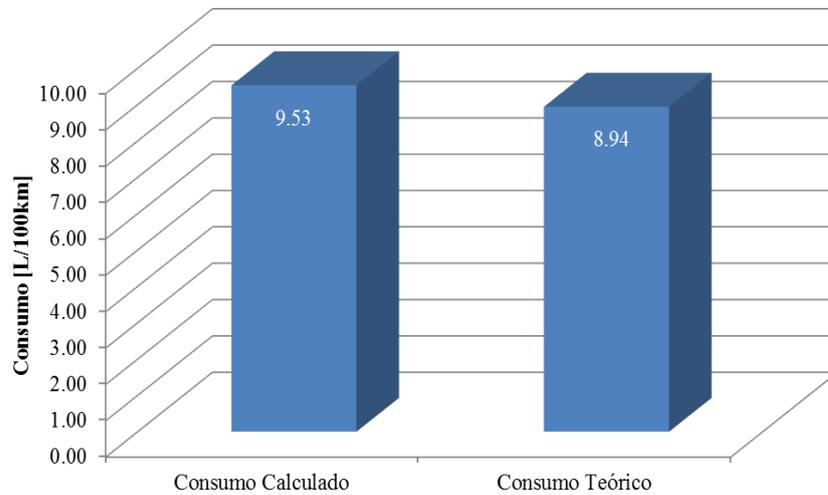


Figura 9. Consumo calculado y teórico de segundo Accent.

Fuente: Autores.

En la Figura 2.25 para el segundo vehículo Accent se observa que el consumo teórico presenta 6.2% menos de gasto de combustible con respecto al valor que presentan las pruebas realizadas.

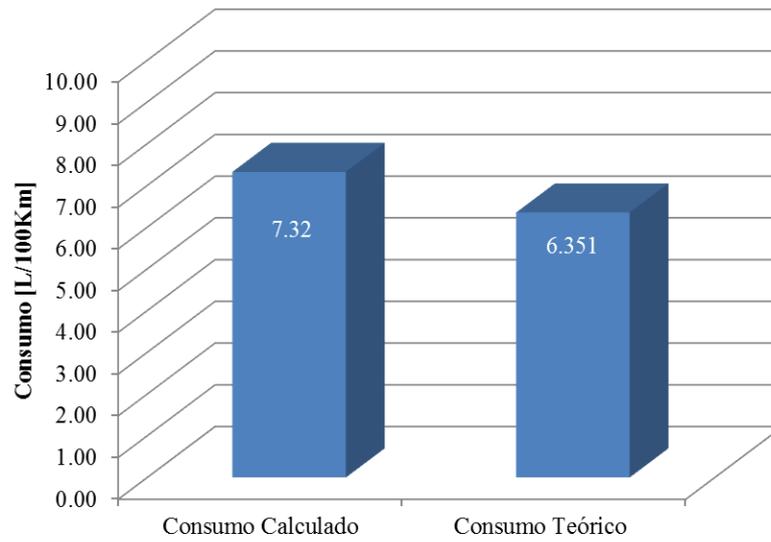


Figura 2.26: Consumo calculado y teórico del Sonata híbrido.

Fuente: Autores.

En la Figura 2.26 para el vehículo Hyundai Sonata se observa que el consumo teórico presenta 13.2% menos de gasto de combustible con respecto al valor que presentan las pruebas realizadas.

CAPITULO III

3. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE COMBUSTIBLE EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y CONVENCIONALES EN UN CICLO DE CONDUCCIÓN CARACTERÍSTICO.

3.1 Comparación de la demanda de combustible para los casos determinados.

3.1.1 Comparación de consumos teóricos entre Hyundai Sonata Híbrido y Toyota Yaris.

Se realiza la comparación del gasto de combustible entre el taxi de menor consumo según los datos proporcionados por el fabricante el cual es el Toyota Yaris y el vehículo con tecnología híbrida Hyundai Sonata.

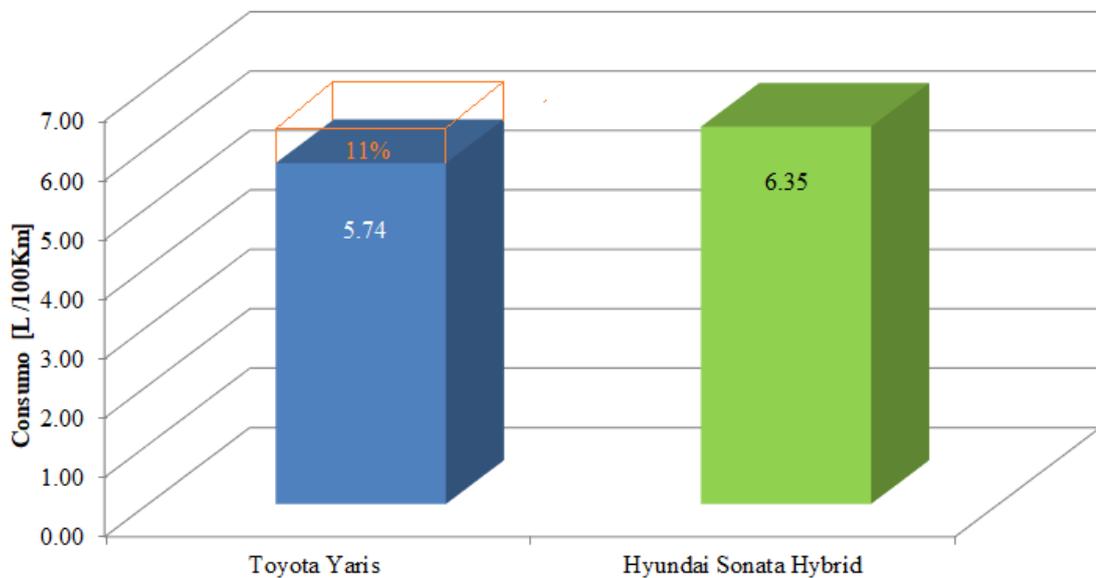


Figura 10. Consumo teórico del Sonata Híbrido y Yaris.

Fuente: Autores.

En la Figura 3.1 se muestra la comparación de los consumos siendo el Toyota Yaris el que menor demanda genera con un 11% menos que el Hyundai Sonata Híbrido.

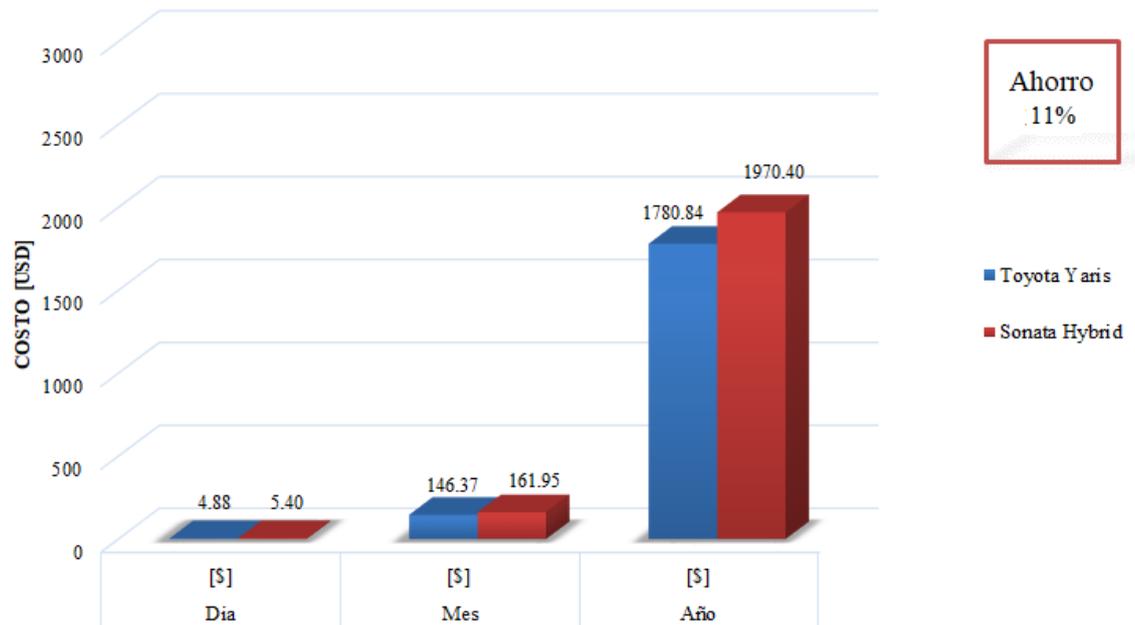


Figura 11.2. Costo que genera el consumo de los vehículos Accent y Sonata.

Fuente: Autores.

En la Figura 3.2 se realiza la estimación monetaria diaria, mensual y anual que genera el vehículo Yaris y Sonata, teniendo en cuenta que el precio actual de la gasolina extra es de 0.34 USD/lit y el recorrido diario promedio que efectúa un taxi en la localidad es de 250 Km según el estudio realizado por diario “El Tiempo” conjuntamente con técnicos de la Universidad de Cuenca para el nuevo tarifario de taxis.

3.1.2 Comparación de consumos calculados entre Hyundai Sonata Híbrido y Hyundai Accent.

Se realiza la comparación del gasto de combustible entre el taxi más usado en la ciudad de Cuenca y un vehículo con tecnología híbrida siguiendo un ciclo representativo para taxis en un dinamómetro de chasis tomando en cuenta las circunstancias de la localidad, consiguiendo valores similares a los proporcionados por el departamento de energía de Estados Unidos.

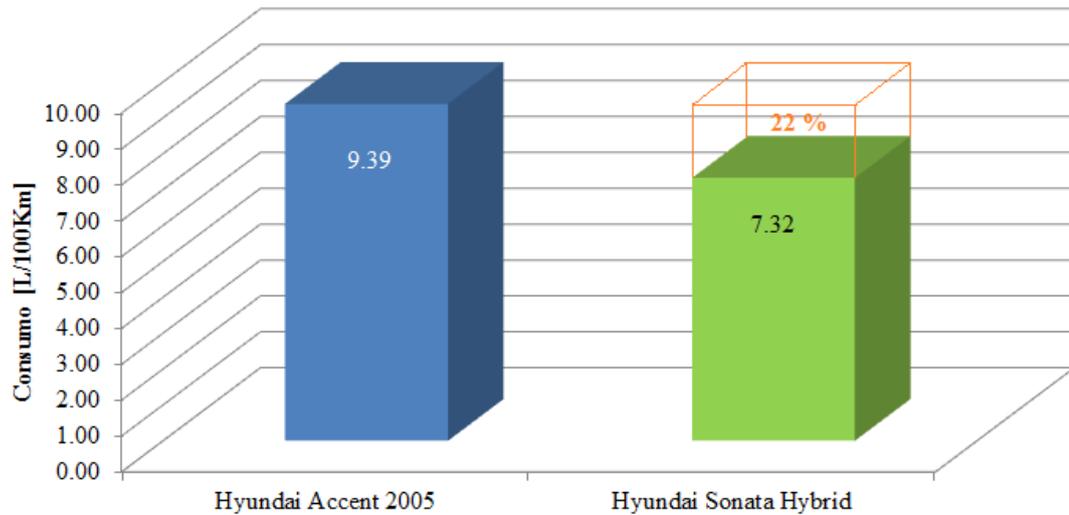


Figura 3.3. Consumo del Accent y del Sonata Híbrido.

Fuente: Autores.

En la Figura 3.3 se muestra la comparación de los vehículos evaluados siendo Hyundai Sonata el que menor cantidad de consumo genera con un 22% menos que el promedio de los Hyundai Accent.

En la Figura 3.4 se realiza la estimación monetaria diaria, mensual y anual que genera el vehículo Sonata y Accent, caso teniendo en cuenta el precio actual de la gasolina extra y el recorrido diario promedio que efectúa un taxi.

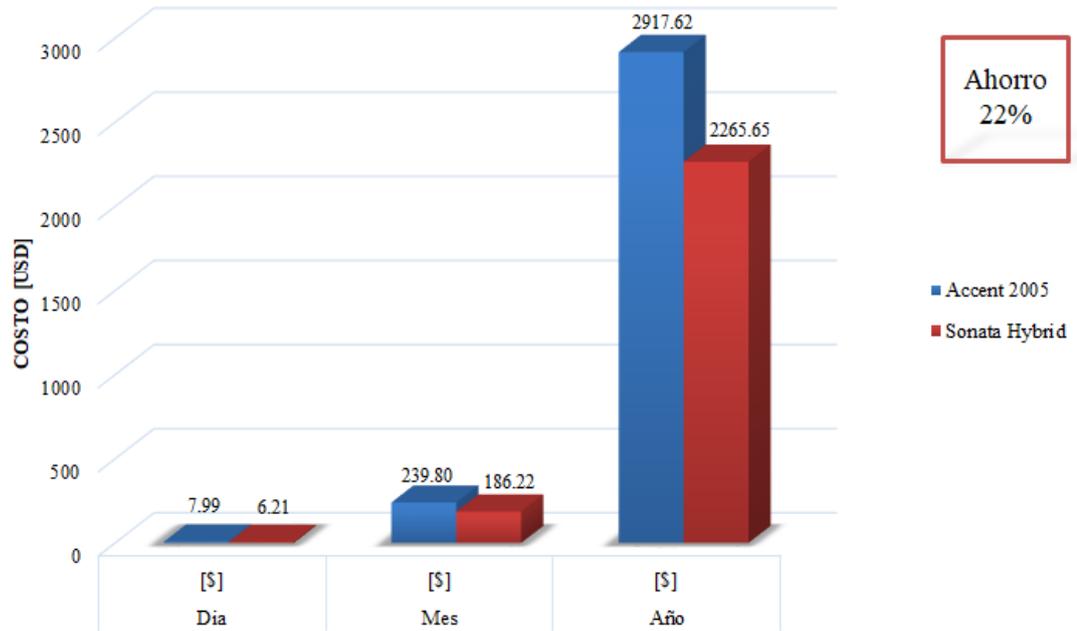


Figura 12. Costo que genera el consumo de los vehículos Accent y Sonata.

Fuente: Autores.

3.2 Proponer la tecnología híbrida que mejores prestaciones genere.



Figura 3.5. Toyota Prius C.

Fuente: <http://toyota.com.ec/toyota-prius-c-sport>.

Toyota Prius C sport	
Cilindrada	1500 cc
Año	2017
Motor	Híbrido
Consumo	5.17 lt/100km



Figura 3.6. Hyundai Sonata Híbrido.

Fuente: www.cstatic-images.com/car-pictures/xl/cac10hyc151a021001.png

Hyundai Sonata Híbrido	
Cilindrada	2400cc
Año	2015
Motor	Híbrido
Consumo	7.32 lt/100km

Según datos de consumo obtenidos de catálogo para el Prius y experimentales para el Sonata, el Toyota Prius C sport consume menos combustible ya que cuenta con un motor de 1500cc comparado con el Sonata híbrido que cuenta con un motor de 2400cc, sin embargo el Prius C para ser utilizado como taxi no aprueba la regulaciones descritas por la norma impuesta por la EMOV para modalidad taxis por lo que no se realizaron las pruebas de consumo en este vehículo.

Se determina que el Prius C lleva la delantera frente al Sonata Híbrido en lo que respecta a consumo de combustible y costo dentro de la ciudad, ambos vehículos poseen una configuración ecológica para su funcionamiento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones.

Se determinó la metodología para hallar el tipo de vehículo híbrido y convencional que sea el más idóneo o más utilizado para el servicio de taxis en la ciudad de Cuenca mediante la aplicación de una evaluación basada en el reglamento interno que se debe cumplir para que un vehículo pueda desempeñarse como taxi en la ciudad. Cabe recalcar que el crecimiento del parque automotor correspondiente a los taxis varía con el tiempo por lo que se deberían actualizar las bases de datos frecuentemente.

Se definió la metodología para medición de consumo de combustible haciendo uso de un dispositivo de adquisición de datos que reduce el tiempo de preparación para realizar las pruebas comparado con otros de mayor costo, como es la conexión de un flujómetro, por lo que se hizo un proceso de validación física para poder utilizar este dispositivo (ELM 327) demostrando que proporciona valores con un margen de error aceptable con un coeficiente de determinación de 0.98.

Mediante los valores de consumo de combustible teóricos se concluye que el Yaris genera un consumo de 11% menos con respecto al Sonata, lo cual representa un ahorro económico de 0,58 \$ diarios y al año de 190 \$, si se renovarían todos los taxis modelo Yaris por Sonata Híbridos se generaría una pérdida de 20.282 \$ al año.

Se determinó que el vehículo Hyundai Sonata Híbrido genera un ahorro de 22% comparado con el Hyundai Accent, lo cual representa un gasto por parte del Accent de 1,78 \$ diario y 652 \$ al año, si se renovaría todos los taxis Accent por Sonata Híbridos se ahorraría 807.800 \$ al año.

Con la sustitución de vehículos híbridos en vez de taxis Accent se generaría una diferencia de 787.507 \$ al año, en comparación con la sustitución de los híbridos por taxis Yaris, lo cual indica que la renovación de Sonata híbridos por taxis Accent es más factible ya que ahorra un monto económico mayor. Esto debido a que la cantidad de taxis Yaris es menor comparado con el número de taxis Accent que circulan en la ciudad.

Se determinó la demanda de combustible en taxis de la ciudad de Cuenca utilizando un vehículo híbrido el cual tiene un consumo calculado de 7.32 lt/100km, y el consumo promedio calculado del Accent es 9.39lt/100km, siendo el Sonata Híbrido el que menor consumo de combustible genera ahorrando un 22% con respecto al vehículo con motor convencional que mayor cantidad de unidades presenta en la localidad.

Se determinó que el Toyota Prius C es el vehículo híbrido que menor consumo genera según datos del fabricante en comparación al Sonata por lo que se cree conveniente recomendar la modificación del reglamento para que este vehículo sea implementado como taxi en la ciudad.

Recomendaciones

Es conveniente realizar una metodología con mayor nivel de precisión para los cálculos de los coeficientes A, B y C, así como también realizar una investigación para la configuración del dinamómetro de chasis ya que existen diversos factores que afectan directamente al consumo de combustible para de esta manera estar en capacidad de simular estos factores ya que con su determinación, los valores de consumo de combustible tendrán mayor exactitud para la ciudad comparados con los teóricos dados por los fabricantes.

Es importante realizar las pruebas con equipos de medición con una mayor precisión que sean homologados mediante normas preestablecidas para que el estudio tenga un menor margen de error y así poder realizar estudios a futuro más relevantes que permitan ser utilizados para otros trabajos de investigación.

Es importante proponer esta iniciativa de implementación de vehículos híbridos como taxis debido a las ventajas que tiene el utilizar un vehículo híbrido en la ciudad.

Es conveniente que las casas comerciales de automóviles trabajen en conjunto con entidades dedicadas al transporte público para establecer una alternativa que genere menor consumo, con esto minimizando el gasto económico que realizan los taxis y para la contribución al bienestar del medio ambiente.

Es conveniente recomendar la ejecución de un estudio en el cual se mida la demanda de combustible conectando un dispositivo de adquisición de datos en los taxis para obtener valores de consumo para cada uno de los recorridos diarios que estos ejerzan ya que con esto no se necesitaría definir los coeficientes de arrastre para los cuales su configuración es desconocida en el dinamómetro de chasis, los factores externos que influyen en las pruebas serían los reales para la ciudad, así se podría estimar de mejor manera los resultados.

Se recomienda instruir técnicas o formas más eficientes de conducción a los taxistas profesionales con el objetivo de generar mayor ahorro de combustible y lo que representaría una ayuda para la conservación del medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- Cedillo, A. (2015). *Análisis de las condiciones de operación de los taxis de la ciudad de Cuenca para la implementación del sistema Start-Stop*. Universidad del Azuay.
- Coello, M. (2013). “*Propuesta de implementación de taxis híbridos a gasolina y eléctricos en Cuenca.*” Universidad de Cuenca.
- Dávalos, D. S. (2017). *Obtención de un ciclo de conducción para los vehículos de la unión de taxistas del azuay*. Universidad del Azuay.
- Deuman. (2007). Análisis e implementación de un sistema de certificación de eficiencia energética para vehículos motorizados. *Ministerio de Transporte Y Telecomunicación*.
- Devore, J. L. (2008). *Probabilidad estadística para ingeniería y ciencias*. (Editorial Aprendizaje Cengage, Ed.) (7ma Edición).
- Gillespie, T. D. (1992). *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. <http://doi.org/10.4271/R-114>
- González Oropeza, R. (2005). *Los ciclos de manejo , una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte*. *Ingeniería investigación y tecnología*, vi(3), 147–162.
- Google maps. (2017). de Carr. Panamericana a Carr. Panamericana - Google Maps.
- Lima, B., & Gálvez, E. (2016). *Análisis de consumo de combustible de los vehículos de categoría M1 que circulan en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca en horas de máxima demanda en función de los ciclos de conducción*. Universidad Politecnica Salesiana.
- NTE INEN2349:2003, N. T. E. Revisión técnica vehicular. Procedimientos. (2003). Ecuador: instituto ecuatoriano de normalización. Obtenido de: <http://www.normalizacion.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2013/11/nte_inen_0980.pdf

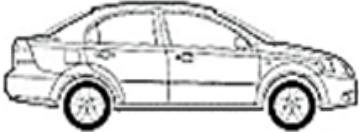
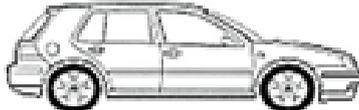
Ramirez, V. E. (2012). *Cuantificación de Compuestos Aromáticos (Btex) En Las Emisiones Gaseosas de Fuentes Móviles Terrestres de Quito*. Universidad Central Del Ecuador.

Rockwood, R., Álvarez, G., Baquero, A., Coello, M., Cordero, D., & López, A. (2017). *Análisis de los métodos de medición de consumo de combustible de vehículos automóviles en el dinamómetro de chasis*. Universidad del Azuay.

Toledo, d. a. c. t., & García, v. e. (2012). *“Determinación de las ventajas ambientales que presenta un vehículo híbrido respecto a un vehículo normal de similares características*. Universidad Politecnica Salesiana.

ANEXOS

Anexo 1. Clasificación de los vehículos a ser utilizados para el servicio de taxi en general.

Categoría	No. de pasajeros incluido el conductor	Cilindraje mínimo	Características
<p style="text-align: center;">SEDAN</p> 	5	1300 cc	<p>Dispone de un techo fijo elevado hasta el parabrisas trasero.</p> <p>Consta de tres pilares A-B-C</p> <p>Tres volúmenes definidos: para el compartimiento del motor, para el habitáculo, para el compartimiento de carga.</p> <p>4 puertas de acceso al habitáculo.</p> <p>Una compuerta de acceso al volumen de carga</p> <p>Consta de 5 plazas distribuidas en dos filas.</p>
<p style="text-align: center;">HATCHBACK</p> 	5		<p>Consta de tres pilares A-B-C</p> <p>Dos volúmenes definidos: para el compartimiento del motor y otro para el habitáculo y compartimiento de carga.</p> <p>La principal característica es la falta de cajuela visible en la parte posterior.</p> <p>Tiene 5 puertas, 4 ventanas laterales, la puerta posterior permite el acceso directo a la zona de carga.</p> <p>Consta de 5 plazas distribuidas en dos filas</p>
<p style="text-align: center;">STATION WAGON</p>  	5	1300 cc	<p>La diferencia con un hatchback radica en que existe un pilar D y 6 ventanas laterales.</p>
	5	2000 cc	<p>La camioneta doble cabina es una mezcla entre vehículo para pasajeros y uno de carga (con una plataforma trasera de carga descubierta);</p> <p>Consta de 5 plazas distribuidas en dos filas</p>

Fuente: Resolución No. 172-DIR-2010-CNTTTSV Características de taxis.

Anexo 2. Consumo de combustible por modelo de vehículo.

Marca	Modelo	Consumo			Cilindrada [cm ³]
		Urbano [l/100km]	Carretera [l/100km]	Mixto [l/100km]	
Hyundai	Accent	8	5.1	6.2	1400
	Matrix	10.3	6.6	8	1600
	Elantra	8.5	5.2	6.4	1600
	Excel	9.83	8.74	7.15	1500
	Getz	7.4	5	5.9	1400
Chevrolet	Aveo	9.8	6.9	8.7	1600
	Corsa	8.1	5.6	6.8	1600
	Esteem	9.8	7.59	9.04	1600
	Optra	11.7	8.4	10.2	1800
	Sail	8.2	6.2	7.5	1400
	Chevytaxi	8.9	5.4	6.7	1400
	Vivant	12.5	7.2	9.3	1800
	San remo	9.7	7.7	9	1400
Citroen	C-elysee	8.7	5.1	6.4	1600
Volkswagen	Parati	8.9	6.1	7.1	1500
Daewoo	Lanoss	13.3	6.4	10.1	1500
	Cielo	10.4	5.8	7.4	1500
	Nubira	10.5	6.2	7.8	1600
	Racer	9.3	5.1	6.3	1500
Toyota	Corolla	7.52	4.93	5.84	1600
	Yaris	5.74	4.6	5.23	1300
	Tercel	8.43	7.61	6.56	1500
Kia	Carens	11.7	7.4	9	1800
	Cerato	7.61	6.69	5.69	1600
	Rio	6.94	4.73	6	1600
	Spectra	10.5	6	8.5	1600
Lada	Serie 100	8.42	4.82	6.05	1500
Mazda	323	7.95	5.32	6.29	1500
	Allegro	9	5.5	7.2	1500
Mitsubishi	Lancer	8.2	5.4	6.4	1500

Nissan	Ad wagon	9.9	6.2	8.5	1600
	Tida	6.7	4.84	5.9	1600
	Sentra	8.85	6.54	7.7	1600
	Almera	9.2	5.3	6.8	1600
	Versa	6.81	4.7	5.5	1600
Renault	Logan	10	5.8	7.3	1600
	Megane	9.1	5.4	6.7	1400
	Sandero	9.6	5.4	7	1400
	Symbol	9.9	5.4	7.5	1400
Skoda	Felicia	9.3	5.1	6.9	1300
	Octavia	10.5	5.7	7.4	1400

Fuente: Autores.

Anexo 3. Partes del vehículo que se evalúan en la revisión técnica vehicular.

Alineación	Se comprueba el estado en que se encuentran y el correcto funcionamiento de los elementos que conforman este sistema y mediante un alineador se examina la divergencia y convergencia de la dirección
Suspensión	Se utiliza un banco de suspensión para comprobar la eficiencia, funcionamiento y desequilibrio tanto de la suspensión delantera como de la posterior, también verifican la holgura máxima de oscilación en resonancia en cada una de las ruedas, así como también una inspección visual de los elementos que conforman este sistema.
Luminosidad	Utilizando un Luxómetro con regloscopio se comprueba la alineación de las luces con el eje del vehículo y la intensidad luminosa de las luces principales, así como también la comprobación de que las luces no estén quemadas y que funcionen correctamente
Motor	Mediante la comprobación visual se puede observar si el motor está en una adecuada condición de funcionamiento viendo que no existan fugas de aceite y el estado de algunos elementos, como

	también se comprueba que el motor está en perfecto estado mediante el analizador de gases y el opacímetro que mide los niveles de emisiones contaminantes.
Frenos	Mediante el banco de pruebas para frenos se mide automáticamente la eficiencia de frenado total de servicio y parqueo, desequilibrio dinámico de frenado entre las ruedas de un mismo eje y que los elementos del sistema de frenos estén en correcto estado y que no existan fugas.
Neumáticos y aros	Se comprueba la profundidad de labrado de los neumáticos con un perfilador y con la verificación visual se puede observar el estado de los aros y los neumáticos.
Chasis y compacto	Utilizando el detector de holguras y la verificación visual se comprueba el estado de las partes del chasis y compacto del vehículo.
Sistema de seguridad y emergencia	Se comprueba el funcionamiento correcto y el estado de los elementos de seguridad que debe contar un vehículo dependiendo del tipo y prestación para el cual se utilice.
Estado general	Se procede a una verificación total del vehículo y de sus partes como son los asientos, vidrios, espejos, pintura, puertas, carrocería, batería, etc.

Fuente: (NTE INEN2349:2003, 2003)

Anexo 4: Selección de datos del ELM 327.

Datos de tiempo	Longitud	Latitud	Velocidad GPS (m/s)	Altitud	Combustible utilizado (l)	Distancia (km)	rpm	Velocidad OBD (km/h)	Velocidad GPS (km/h)
Sun Sep 17 22:02:55 GMT-05:00 2017	-79.04362504	-3.04504024	0	2654	0	0	0	0	0
Sun Sep 17 22:02:56 GMT-05:00 2017	-79.04362642	-3.04503889	0	2653	0	0	0	0	0
Sun Sep 17 22:02:57 GMT-05:00 2017	-79.04362786	-3.04503696	0	2653	0	0	0	0	0
Sun Sep 17 22:02:58 GMT-05:00 2017	-79.04362763	-3.04503526	0	2652	0	0	0	0	0
Sun Sep 17 22:02:59 GMT-05:00 2017	-79.0436228	-3.04503766	0.81	2652	0.00026606	0.00109417	983	10	2.91599989
Sun Sep 17 22:03:00 GMT-05:00 2017	-79.04360366	-3.04505523	3.84	2652	0.00139079	0.00675	2417	22	13.8239994
Sun Sep 17 22:03:01 GMT-05:00 2017	-79.04354529	-3.045106	6.18	2652	0.00445499	0.01024333	2114	26	22.24799919
Sun Sep 17 22:03:02 GMT-05:00 2017	-79.04348894	-3.04516279	8.52	2652	0.00637478	0.02082972	2478	35	30.67200089
Sun Sep 17 22:03:03 GMT-05:00 2017	-79.04343363	-3.04523602	10.08	2652	0.01117645	0.03309292	3183	45	36.2879982

Fuente: Autores

