



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Sede Santo Domingo

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

Informe del proyecto técnico para obtener el título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

**DISEÑO DE UN RECOLECTOR DE BASURA ELÉCTRICO PARA
GESTIONAR LOS DESECHOS EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO**

Autor

GANDHI CARLOMAGNO CHÁVEZ ALVERCA

Director

ING. ARTURO FALCONI BORJA, MsC.

Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador

Diciembre – 2017

**DISEÑO DE UN RECOLECTOR DE BASURA ELÉCTRICO PARA
GESTIONAR LOS DESECHOS EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO**

Ing. Arturo Falconí Borja, MsC.
DIRECTOR

APROBADO

Ing. Mirian Recalde Quiroz, MsC.
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Gabriel Obregón Veloz , MsC.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Jorge Vega Peñafiel, MsC.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo.....de..... de 2017

Autor:	GANDHI CARLOMAGNO CHÁVEZ ALVERCA
Institución:	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Título:	DISEÑO DE UN RECOLECTOR DE BASURA ELÉCTRICO PARA GESTIONAR LOS DESECHOS EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS
Fecha:	DICIEMBRE, 2017

El contenido del presente trabajo está bajo la responsabilidad del autor y no ha sido plagiado



Gandhi Carlomagno Chávez Alverca
C.I: 1718990482

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Sede Santo Domingo

INFORME DEL DIRECTOR

Santo Domingo, 11 de diciembre de 2017

Señora Ingeniera

Miriam Recalde Quiroz, *MsC.*

**COORDINADORA DE FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

Presente.

De mis consideraciones.-

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo escrito de titulación realizado por el señor: *GANDHI CARLOMAGNO CHÁVEZ ALVERCA*, cuyo título es: *“DISEÑO DE UN RECOLECTOR DE BASURA ELÉCTRICO PARA GESTIONAR LOS DESECHOS EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO”*, ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, *el mismo que no ha sido plagiado*, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informo para fines pertinentes.

Atentamente,



Ing. Arturo Falconí Borja, *MsC.*
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Dedicatoria

Dedico éste proyecto a mis padres y hermanos.

A mi papá por su apoyo, comprensión y sabios consejos que han orientado mis pasos por el camino del bien. Regalándome el “Don” máspreciado que cualquier ser humano puede tener que es la experiencia de la vida, que cuando nos golpean uno tiene que estar siempre de pie antes los problema y dificultades y de rodillas ante Dios

TE AMO PAPÁ.

A mi mamá, por ser la mejor mamá del mundo, por su esfuerzo, apoyo y confianza infinita que siempre me brinda. Por las infinitas oraciones que no han hecho más que bendecirme día a día. Ahora sé que la perfección existe, porque Dios me dio una Madre única.

TE AMO MAMÁ.

FERNANDA, DAYANN, IAN NELSON Y NICK,

éste logro lo comparto con ustedes.

Agradecimiento

*Mi agradecimiento sincero primero a Dios,
Por darme la vida y la fuerza necesaria para seguir adelante día a día y
por la bendición más grande como los es mi familia, siendo el motor de
mi vida mi sustento y razón de vida.*

*A mis padres por su apoyo incondicional en cada uno de los pasos que
he dado a lo largo del tiempo, especialmente en el de culminar
mi carrera universitaria, Ya que sin ellos nada de esto podría haberse
hecho realidad, por su infinita amor y paciencia en mi crecimiento
intelectual, físico, espiritual y empresarial.*

*Mi querida hermana que a pesar de la distancia kilométrica que nos
separa su presencia siempre está en mi lado apoyándome y demostrando
que no hay obstáculo cuando una persona tiene la predisposición de ser
alguien en la vida y de que ninguna meta es inalcanzable mientras uno
quiera lograrla.*

*Mi hermano que es la persona con la que mayor discrepancia e
indiferencias tenemos eres alguien digno de admirar con un corazón
enorme y a quien nunca quiero que se vaya de mi lado, me has visto
caído y siempre te has quedado apoyándome, siempre apoyando las
locuras que cometo enseñándome que la vida es más divertida de lo que
los sabios y filósofos eruditos las podrían describir.*

Nick y Baby Ian Nelson gracias por ser parte de esta pequeña familia.

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1718990482
APELLIDO Y NOMBRES:	Gandhi Carlomagno Chávez Alverca
DIRECCIÓN:	Av. Esmeraldas 127 y Santa Rosa
EMAIL:	gandhy_chavez@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	(02)2767794
TELÉFONO MOVIL:	0996026209

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño de un recolector de basura eléctrico para gestionar los desechos en la ciudad de Santo Domingo
AUTOR O AUTORES:	Gandhi Carlomagno Chávez Alverca
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Diciembre de 2017
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Arturo Falconí Borja, MsC
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero automotriz
RESUMEN:	<p>En la actualidad son muy elevados los índices de contaminación que presentan las principales ciudades del mundo y en Ecuador en general, siendo poco el interés y la gestión económica y financiera para desarrollar tecnología que mejore esta crítica situación. Se desarrolló el siguiente proyecto técnico que consta de: Introducción, Marco Referencial, Metodología, y Análisis de resultados. Se determinó que al carecer de inversión y el nulo interés que presentan las autoridades, de dar una pronta solución, aportar o contrarrestar la contaminación que generamos, la investigación realizada en ciudades que se las considera ecológicas se determinó que empiezan con el cambio desde las autoridades, entonces pudimos corroborar que el cambio de vehículos de MCI (Motor de Combustión Interna Alternativo) a VE (Vehículo Eléctrico) es beneficioso ya que disminuimos la contaminación atmosférica y acústica en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados como punto de partida y a futuro se ejemplo y brindar nuestro aporte para que otras ciudades lo realicen. La metodología aplicada en la investigación se ha realizado por el método deductivo que mediante un razonamiento</p>

	<p>lógico y análisis teórico de información recolectada se desarrollara un diseño de un recolector de basura eléctrico para gestionar los desechos en la ciudad de Santo Domingo. Aplicando los conocimientos adquiridos, planteamos el cambio de recolectores de basura con un sistema convencional de combustión a diésel, por un sistema eléctrico, teniendo como objetivo mejorar la eficiencia y disminuir la contaminación que generan todas las unidades recolectoras de basura día a día.</p>
<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>MCIA, VE (Vehículo Eléctrico), Contaminación atmosférica, Sistema de combustión, Método deductivo, Recolector de basura eléctrico.</p>
<p>ABSTRACT:</p>	<p>At present, pollution levels are high in the main cities of the world and in Ecuador in general, economic and financial management to develop technology to improve this critical situation is of little interest, and so the following technical project was developed, consisting of: Introduction, Reference Framework, Methodology, and Analysis of results. It was determined that the lack of investment and the zero interest shown by the authorities, to provide a prompt solution, contribute or offset the pollution we generate, the research conducted in cities that are considered ecological was determined to begin with the change from the authorities, then we could corroborate that the change of vehicles from MCIA (Alternative Internal Combustion Engine) to VE (Electric Vehicle) is beneficial as we reduce atmospheric and acoustic pollution in the city of Santo Domingo de los Colorados as a starting point, an example in the future providing our contribution for other cities to do so. The methodology applied in the investigation has been carried out by the deductive method that through a logical reasoning and theoretical analysis of collected information, a design of a garbage collector to manage waste in the city of Santo Domingo was developed. Applying the acquired knowledge, we propose the change of garbage collectors with a conventional diesel combustion system, by an electrical system, with the objective of improving the efficiency and reducing the pollution generated by all garbage collection units day by day.</p>

KEYWORDS

MCIA, VE (Electric Vehicle), Atmospheric pollution, Combustion system, Deductive method, Electric garbage collector.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



GANDHI CARLOMAGNO CHÁVEZ ALVERCA
C.I: 1718990482

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **GANDHI CARLOMAGNO CHÁVEZ ALVERCA**, CI: **1718990482** autor del proyecto titulado “**Diseño de un recolector de basura eléctrico para gestionar los desechos en la ciudad de Santo Domingo**” previo a la obtención del título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 15 de diciembre de 2017



GANDHI CARLOMAGNO CHÁVEZ ALVERCA
C.I: 1718990482

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Portada.....	I
Sustentación y aprobación de los integrantes del tribunal	II
Responsabilidad del autor	III
Informe del director.....	IV
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento.....	VI
Formulario de registro bibliográfico	VII
Declaración y autorización.....	X
Índice de contenidos.....	XI
Índice de tablas.....	XIV
Índice de figuras.....	XV

I.	INTRODUCCION	1
II.	MARCO REFERENCIAL.....	5
2.1.	Configuración de un vehículo eléctrico	5
2.1.1.	Configuración a.....	7
2.1.2.	Configuración b.....	7
2.1.3.	Configuración c.....	7
2.1.4.	Configuración d.....	7
2.1.5.	Configuración e.....	7
2.1.6.	Configuración f	8
2.2.	Comportamiento de un vehículo eléctrico	8
2.2.1.	Características del motor eléctrico de tracción	8
2.2.2.	Requerimientos del esfuerzo tractor y transmisión.....	10
2.2.3.	Determinación de la potencia del motor eléctrico.....	11
2.2.4.	Esfuerzo de tracción en conducción normal	13
2.3.	Sistema propulsor híbrido en serie.....	18
2.4.	M CIA (Motor de Combustión Interna Alternativo), VE (Vehículo Eléctrico), Contaminación atmosférica, Sistema de combustión,	

	Método deductivo, Recolector de basura eléctrico Modos de operación.....	19
2.4.1.	Modo de tracción híbrido:.....	21
2.4.2.	Modo de tracción Batería.....	21
2.4.3.	Modo de tracción con Motor-Generador.....	21
2.4.4.	Modo carga de batería.....	21
2.4.5.	Modo de frenado regenerativo	22
III.	METODOLOGÍA	23
3.1.	Componentes de la configuración en Serie.....	23
3.2.	Dispositivos de acoplamiento eléctrico.....	23
3.3.	Diseño de los elementos de tracción	26
3.3.1.	Potencia del motor térmico-generador	26
3.3.1.1.	Un ciclo de conducción en autopista de largo recorrido	26
3.3.1.2.	Un ciclo urbano, con frecuentes paradas y arranques,.....	26
3.4.	Dinámica vehicular en ciclo de conducción.....	27
3.4.1.	Los ciclos de conducción y homologación	27
3.4.1.1.	Ciclo NEDC	29
3.4.1.2.	El ciclo de conducción de Artemis.....	31
3.4.1.3.	Ciclos de conducción americanos	32
3.4.1.3.1.	Ciclo FTP-75	32
3.4.1.3.2.	Ciclo de prueba de economía de combustible en carretera	33
3.4.1.4.	Otros ciclos de prueba.....	34
3.4.1.5.	Ciclos de conducción japoneses.....	34
3.4.1.5.1.	El ciclo del modo 10-15	34
3.4.1.5.2.	Ciclo JC08.....	35
3.4.1.6.	Ciclo de conducción armonizado global	36
3.4.1.7.	Ciclo WLTC Clase 3.....	37
3.4.1.8.	Ciclo WLTC Clase 2.....	37
3.4.1.9.	Ciclo WLTC Clase 1	38
3.5.	Diseño de los componentes del Sistema de Tracción	39
3.6.	Calculo de la Potencia del motor eléctrico.....	39
3.6.1.	Potencia del motor eléctrico de tracción en acelerar el vehículo.	40

3.6.2.	Potencia requerida para superar la pendiente.....	40
3.6.3.	Potencia para alcanzar la velocidad máxima	41
3.6.4.	Potencia del motor de combustión interna	41
3.7.	Estimación de la Energía Requerida	42
3.8.	Simulación para el ciclo FTP-75.....	43
3.9.	Simulación para el ciclo NEDC	43
3.10.	Simulación para el ciclo EUDC	44
3.11.	Simulación en el ciclo ECE R15.....	44
3.12.	Simulación en el ciclo ArtUrban.....	45
3.13.	Simulación en el ciclo ArtMw 130	45
3.14.	Simulación en el ciclo WLTP clase 3	46
3.15.	Dimensionamiento de las baterías.....	46
3.15.1.	Calculo de la Potencia de Batería.....	47
3.16.	Calculo de la energía.....	47
IV.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	49
4.1.	Potencia del motor eléctrico.....	49
4.2.	Calculo de la energía.....	49
	Conclusiones.....	51
	Referencias.....	52
	Anexos.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Características del ciclo Artemis.....	32
Tabla 2:	Características del Ciclo FTP-7	33
Tabla 3:	Características del Ciclo HWFET	34
Tabla 4:	Características ciclo del modo 10-15	35
Tabla 5:	Características ciclo JC08	36
Tabla 6:	Ciclo de conducción armonizado global	36
Tabla 7:	Características Ciclo WLTC Clase 3	37
Tabla 8:	Características Ciclo WLTC Class 2.....	38
Tabla 9:	Características Ciclo WLTC Class 1.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Subsistema eléctrico de propulsión.....	6
Figura 2:	Configuraciones del Vehículo Eléctrico	6
Figura 3:	Curva de velocidad variable.....	8
Figura 4:	Curva esfuerzo velocidad con caja automática de tres velocidades y control de campo.....	9
Figura 5:	Características de un ME para distintos valores	9
Figura 6:	Par motor eléctrico MME.....	10
Figura 7:	Condiciones de tráfico de autopista	14
Figura 8:	Condiciones de tráfico real.....	14
Figura 9:	Condiciones en carretera plana	15
Figura 10:	Condiciones ciclo americano urbano	15
Figura 11:	Puntos de esfuerzo de tracción frente a velocidad en un plano.....	16
Figura 12:	Esquema de configuración híbrida en serie	19
Figura 13:	Modos de conducción	20
Figura 14:	Acoplamiento eléctrico 1	24
Figura 15:	Acoplamiento eléctrico 2	25
Figura 16:	Variación de la potencia con la velocidad.....	27
Figura 17:	Tipo de conducción e impacto en emisiones.....	28
Figura 18:	Ciclo de conducción NEDC	29
Figura 19:	Componentes del ciclo de conducción NEDC	29
Figura 20:	Ciclo urbano NEDC	30
Figura 21:	Subciclo extraurbano NEDC.....	30
Figura 22:	Ciclo Urbano Artemis	31
Figura 23:	Ciclo Rural Artemis	31
Figura 24:	Ciclo Autopista Artemis.....	32
Figura 25:	Ciclo de prueba Federal	33
Figura 26:	Ciclo de prueba HWFET	33
Figura 27:	Ciclo del modo 10-15.....	35
Figura 28:	Ciclo JC08.....	35
Figura 29:	Ciclo WLTC Clase 3.....	37
Figura 30:	Ciclo WLTC Clase 2.....	38

Figura 31:	Ciclo WLTC Class 1	38
Figura 32:	Simulación para el ciclo FTP-75.....	43
Figura 33:	Simulación para el ciclo NEDC	43
Figura 34:	Simulación para el ciclo EUDC	44
Figura 35:	Simulación en el ciclo ECE R15.....	44
Figura 36:	Simulación en el ciclo ArtUrban.....	45
Figura 37:	Simulación en el ciclo ArtUrban.....	45
Figura 38:	Simulación en el ciclo WLTP clase 3	46

I. INTRODUCCION

Un vehículo eléctrico (VE) es aquel que utiliza un motor eléctrico en lugar de un motor convencional de combustión interna, y un conjunto de baterías en lugar de un depósito de combustible.

La energía química almacenada en la batería se transforma en energía eléctrica y posteriormente se convertirá mediante el motor eléctrico en energía mecánica. Así, dos aspectos caracterizan a un VE:

- Disponen de una fuente de energía (química o electromecánica) portátil y
- El esfuerzo de tracción lo suministra un motor eléctrico.

Los VE tienen muchas ventajas sobre los convencionales con motor de combustión interna alternativo (MCIA) como, ausencia de ruidos, ausencia de emisiones, alto rendimiento e independencia del petróleo. Los principios de funcionamiento de un VE son similares al de un vehículo con MCIA.

Hay, no obstante, algunas diferencias importantes como el tanque de combustible por las baterías, el MCIA por el ME y algunos aspectos de la transmisión.

El concepto de una configuración híbrida en serie proviene directamente de la propulsión puramente eléctrica. Comparados con los sistemas convencionales, el sistema propulsor eléctrico presenta varias ventajas como, cero emisiones en el punto de uso, fuentes de energía múltiples y alto rendimiento. Como desventajas están el elevado peso y volumen de las baterías, la autonomía y el tiempo de recarga. El objetivo inicial de la configuración en serie es aumentar la autonomía añadiendo un motor térmico/generador para cargar las baterías a bordo.

Ninguno de los camiones de basura usan combustibles alternativos, llenando nuestros barrios de vapores y partículas. Por la naturaleza del servicio que tienen que dar los camiones de basura, con una gran fuente de contaminación tanto atmosférica como

acústica. En grandes ciudades como México, al necesitar una gran flota de estos su efecto es más significativo.

Si cambiamos el sistema convencional diésel que montan estos vehículos por otro eléctrico, eliminamos de una vez ambos problemas, al menos del centro de la ciudad. Se calcula que uno de estos camiones puede consumir 42.000 dólares de combustible por año (estudio realizado en Estados Unidos) y realizar una media de 1,28 kilómetros por litro de combustible. En algunos casos pueden hacer hasta más de 1.000 paradas en un mismo día, y justo el consumo se incrementa en las primeras marchas. Estos datos demuestran que se puede conseguir un gran ahorro económico si se invierte en esta tecnología.

No es fácil crear un powertrain completamente nuevo, con una tecnología distinta y que ha de dar una gran potencia como es el caso. Además de ser un vehículo muy pesado, durante la jornada ha de compactar la basura recogida. El proceso no es prácticamente estacionario en ningún momento, parando y acelerando todo el tiempo mientras, además, modifica su masa. Esto complica la elaboración de un modelo de simulación, pero todo tiene solución en Simulink.

En 2009 volvo comienza a comercializar camiones híbridos. Comienza haciendo pruebas en Suecia tras las que lo pone en servicio en Londres y continua testeando. Este vehículo usa una configuración paralela de motor diésel y eléctrica. Moviendo los contenedores y compactando la basura usando solo energía eléctrica reduciendo el ruido y emisiones.

Además es enchufable, de tal forma que puede, si lo necesita, conectarse a tomas de corriente públicas para terminar de hacer su turno.

A bajas velocidades, el motor eléctrico, con un par de 800Nm, 162CV y una tensión de 600V, hace todo el esfuerzo hasta que entra el de combustión. Cuenta con una caja de cambios totalmente automatizada que puede conseguir reducciones de entre un 30% y un 35% el consumo energético.

Por supuesto, la marca americana Tesla ha de entrar en todo lo que esté relacionado con la movilidad eléctrica. En el WasteExpo 2016 de Las Vegas presentó su prototipo durante una conferencia sobre recogida de basura y reciclaje. Ian Wright, cofundador de Tesla, es también el fundador de la compañía Wrightspeed que ha sido la encargada del diseño del tren motriz.

Cuenta con el sistema de propulsión Wrightspeed Route 1000, el cual trabaja con un paquete de baterías con capacidad plug-in que ofrece autonomía suficiente para 39 kilómetros tras lo que arranca un generador de turbina que puede funcionar con diesel o gas natural. 2

BYD, compañía líder en vehículos eléctricos de pasajeros y mercancías, y uno de los fabricantes que más coches eléctricos vende alrededor del mundo, lanzó en 2016 mediante su filial americana una versión de su camión T7 preparada para recoger la basura. Este nuevo modelo se trata de un camión de casi cuatro toneladas, 100% eléctrico, que cuenta con una batería de 188 kWh y es capaz de recorrer 160 kilómetros con tan solo dos horas y media de carga.

El grupo Daimler ha presentado su primer camión pesado (26 toneladas) completamente eléctrico. Está pensado para entorno urbano y muy posiblemente pueda ser adaptado para la recogida de residuos. Este gesto es importante pues demuestra que las grandes compañías ya están en el camino de la electrificación de los vehículos industriales.

Estos vehículos ecológicos se proporcionan con válvulas automáticas de control de caída, un sistema de cilindros hidráulicos de doble efecto para el vuelco de la tolva y un sistema con patas de apoyo con funciones de estabilización lateral en fase de vuelco de la caja. El control de las operaciones puede llevarse a cabo desde el vehículo o mediante un mando de cable desde el suelo. El periodo de amortización promedio de un recolector de basura ecológico es de aproximadamente tres años, gracias a la ausencia de combustibles fósiles.

La Recuperación energía en la frenada, este vehículo tiene recuperación de energía en la frenada. Para los recolectores de basura, la recuperación de energía es muy importante para los desplazamientos de tipo "parar y acelerar" y aumenta la autonomía hasta de un 30 %, por este motivo es elegido por los municipios.

Ideal para Campamentos y Municipios, gracias a que son muy silenciosos, estos vehículos muy a menudo se utilizan en los complejos turísticos, en los parques, en los hospitales para cargar la basura y llevarla al compactador más cercano.

II. MARCO REFERENCIAL

2.1. Configuración de un vehículo eléctrico

Con frecuencia se vienen transformando vehículos convencionales con MCI a vehículos eléctricos. Esta conversión consiste en cambiar el motor térmico por el motor eléctrico y el tanque de gasolina por las baterías, mientras se mantiene el resto de componentes.

Inconvenientes como el elevado peso, disponibilidad de espacios y la baja flexibilidad en el funcionamiento han causado que este tipo de configuración tenga restringido su aplicación. En su lugar los VE se diseñan a propósito, con su estructura y chasis específicos, los sistemas recientes de VE tienen una configuración

El sistema de tracción consta de 3 subsistemas: el motor eléctrico de propulsión, las baterías y los auxiliares. El subsistema de propulsión eléctrica consta, a su vez, de! controlador del vehículo, del convertidor electrónico de potencia, del motor eléctrico y de la transmisión.

El subsistema de almacenamiento de energía consta de la fuente de energía, de la unidad de gestión de la energía y de la unidad de carga. El subsistema de auxiliares consta de la unidad de dirección, de la unidad de climatización y de la unidad de suministro de auxiliares.

Basado en el control de entradas del pedal acelerador y del pedal del freno, el controlador del vehículo proporciona las señales de control adecuadas para el controlador de potencia, cuya función es regular el flujo de energía entre las baterías y el ME. El flujo inverso de energía se debe al proceso de frenada regenerativa.

El módulo de gestión de la energía coopera con el controlador del vehículo para controlar la frenada regenerativa y su recuperación de energía. También trabaja con la unidad de carga de energía durante el proceso de recarga. La unidad de suministro de

energía de auxiliares proporciona la potencia necesaria con diferentes niveles de tensión para todos los auxiliares, el sistema de dirección y el de climatización.

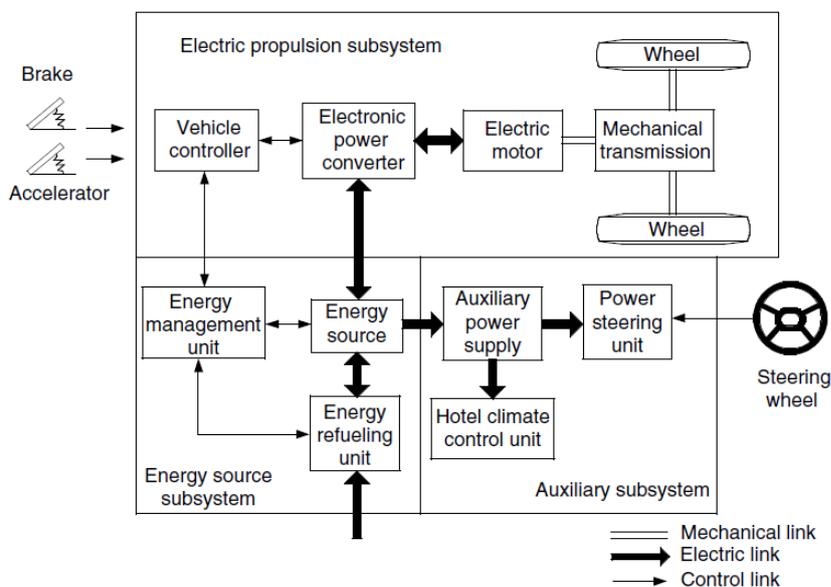


Figura 1: Subsistema eléctrico de propulsión

Fuente: www.google.com.ec/search?hl=es-419&tbm=

Existe una variedad de configuraciones de VE debido a las variaciones de las características de la propulsión eléctrica y fuentes de energía, como se puede observar en la figura 2

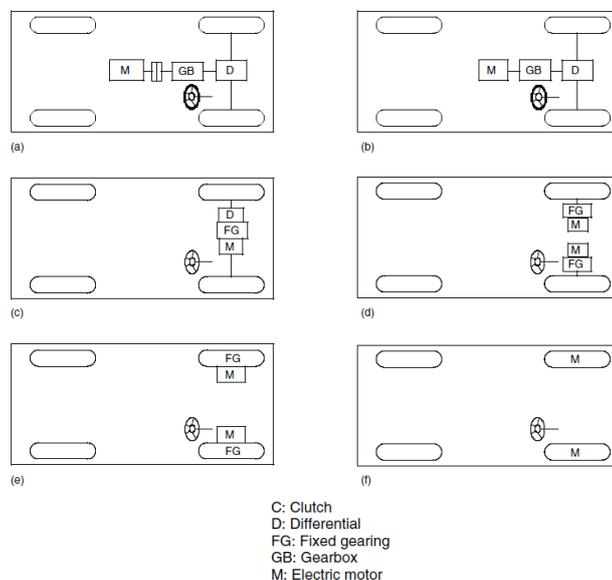


Figura 2: Configuraciones del Vehículo Eléctrico

Fuente: <https://www.google.com.ec/search?hl=es-419&biw=847&bih=767&tbm>

2.1.1. Configuración a

Es la primera alternativa en la que se cambia el motor térmico por un motor eléctrico. Consta de un motor eléctrico, el embrague, la caja de cambios y el diferencial. El embrague y la caja de cambios se pueden sustituir por una caja automática.

2.1.2. Configuración b

Con un motor eléctrico con potencia constante en un amplio rango de regímenes de giro, la caja de cambios se puede sustituir por una caja reductora, eliminando la necesidad de un embrague. Esta configuración reduce el tamaño y peso de la transmisión y simplifica el control de la conducción ya que no es necesario el cambio de velocidades.

2.1.3. Configuración c

Similar a la configuración anterior, pero en este caso integrado en el eje de tracción con los ejes acoplados a ambas ruedas. El tren de potencia se simplifica y es más compacto.

2.1.4. Configuración d

El diferencial se sustituye por dos motores en rueda. Cada uno de ellos acciona la rueda a diferentes velocidades cuando el vehículo gira en curva.

2.1.5. Configuración e

Con relación a una mayor simplificación del tren propulsor, el motor eléctrico se puede colocar dentro de la rueda. Esta disposición se conoce como motor de rueda. Se utiliza un pequeño tren planetario para reducir la velocidad del motor y reforzar el par del mismo.

2.1.6. Configuración f

La conexión entre motor eléctrico y rueda es directa sin caja reductora. El control de velocidad del motor eléctrico es equivalente al control de velocidad de la rueda y, por tanto, de la velocidad del vehículo. Sin embargo esta disposición requiere que el motor eléctrico tenga un elevado par para arrancar y acelerar el vehículo.

2.2. Comportamiento de un vehículo eléctrico

En la presente investigación se explicara las características del motor eléctrico, requerimientos del esfuerzo tractor y transmisión, la determinación de la potencia del motor eléctrico, y el esfuerzo de tracción en conducción normal

2.2.1. Características del motor eléctrico de tracción

Un motor eléctrico de velocidad variable suele tener unas curvas características como las que se muestran en la figura 3. En la región de baja velocidad de giro, por debajo de la velocidad base, el par motor es constante. En la región de alta velocidad, por encima de la base, la potencia es constante. Esta característica se representa generalmente por la relación de velocidades, x , relación entre velocidad máxima y su velocidad base.

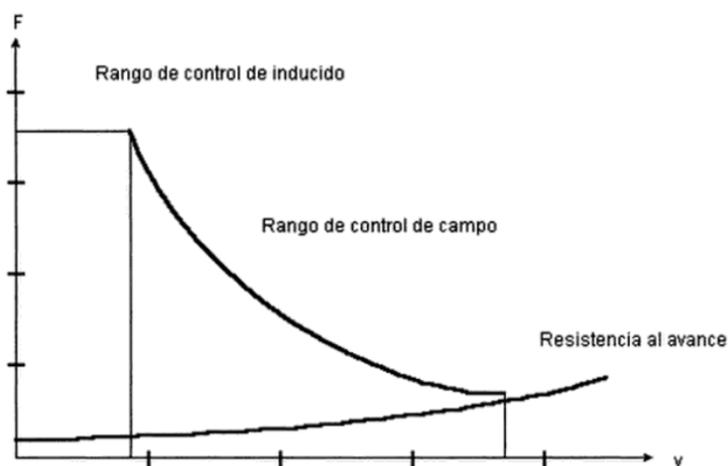


Figura 3: Curva de velocidad variable

Fuente: <https://www.google.com.ec/search?hl=es-419&biw=847&bih=767&tbn>

En el funcionamiento a baja velocidad, la tensión suministrada al motor eléctrico se incrementa cuando aumenta la velocidad a través del convertidor electrónico mientras el flujo permanece constante.

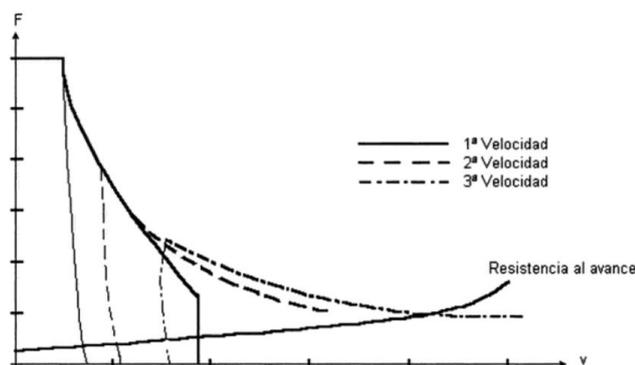


Figura 4: Curva esfuerzo velocidad con caja automática de tres velocidades y control de campo

Fuente: lideplayer.es/slide/1067551/

En el punto de velocidad base, la tensión del motor alcanza la tensión de la fuente. Más allá de la velocidad base, la tensión permanece constante y el flujo se debilita, cayendo hiperbólicamente con la velocidad. Así, a su par le ocurre lo mismo, cae hiperbólicamente con la velocidad.

La figura 5 muestra las curvas características de un ME para distintos valores de x ($x=2,4$ y 6).

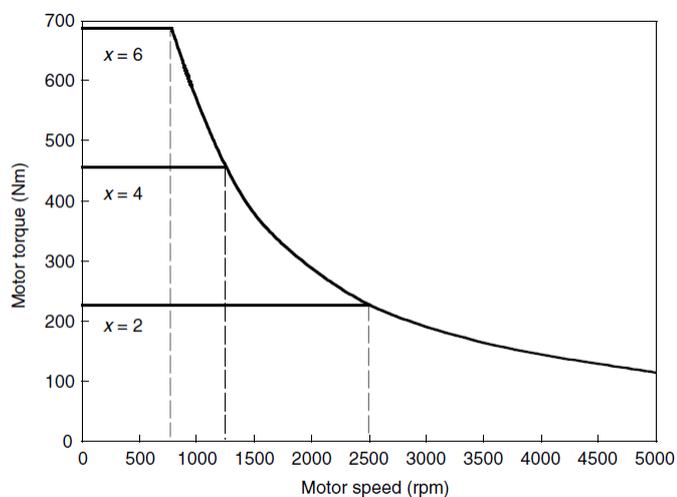


Figura 5: Características de un ME para distintos valores

Fuente: lideplayer.es/slide/1067551/

Está claro que con una región grande de potencia constante, el máximo par se ve incrementado significativamente y, así, el comportamiento frente a la aceleración y pendiente se ve mejorado y la transmisión simplificada. Sin embargo, cada tipo de ME tiene limitado su valor de x . Por ejemplo, un motor de imanes permanentes tiene una baja x (<2) debido a la dificultad de un campo débil por su magnetismo permanente. El de reluctancia conmutada puede alcanzar $x=6$ y el de inducción $x=4$.

2.2.2. Requerimientos del esfuerzo tractor y transmisión

El esfuerzo tractor desarrollado por un ME y la velocidad del vehículo vienen expresados por,

$$F_t = \frac{M_{ME} \xi_j \xi_d \lambda}{r_c}$$

Ecuación 1

$$V = \omega_r r_e = \frac{\omega_{ME} r_e}{\xi_j \xi_d} = \frac{2\pi n_{ME} r (1-i)}{\xi_j \xi_d}$$

Ecuación 2

Donde M_{ME} y n_{ME} son el par y el régimen de giro del motor eléctrico expresados en Nm y rpm, respectivamente, λ es la relación de transmisión de la caja, ξ_j es la relación de transmisión final al eje de las ruedas (grupo cónico o diferencial), η_t es el rendimiento de toda la transmisión desde el ME hasta las ruedas y r_c es el radio de las ruedas bajo carga, r_e es el radio efectivo del neumático, r es el radio nominal del neumático e i es el deslizamiento (0,1 - 0,3).

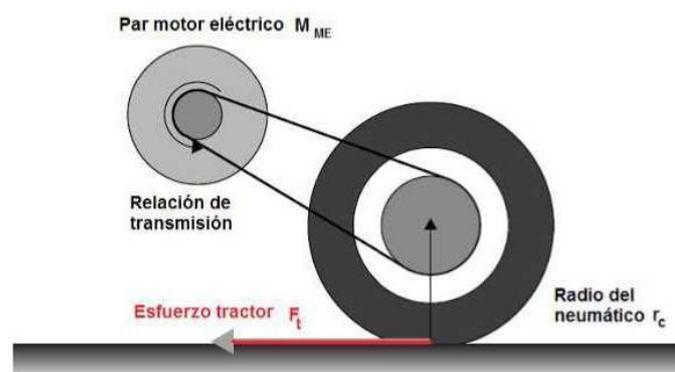


Figura 6: Par motor eléctrico MME

Fuente: <https://www.diariomotor.com/tecmovia>

2.2.3. Determinación de la potencia del motor eléctrico

El comportamiento básico del vehículo incluye la velocidad máxima de crucero, la pendiente y la aceleración. La velocidad máxima del vehículo se obtiene por la intersección de la curva del esfuerzo tractor y la de las resistencias al movimiento resistencia a la rodadura y la resistencia aerodinámica.

Cabe indicar que en algunos diseños no existen dichos puntos de intersección, los cuales utilizan un ME más grande o una relación de transmisión mayor. En este caso la velocidad máxima se calcula a través de la velocidad máxima del motor a través de la siguiente ecuación:

$$V_{\text{máx}} = \frac{2\pi n_{\text{ME,máx}}}{60 \xi_{j,\text{min}} \xi_d} r (1-i)$$

Ecuación 3

$$\alpha = \arcsen \frac{F_{t,\text{máx}} - mgf_r}{mg} ; i = \text{tg } \alpha \times 100$$

Ecuación 4

Donde n_{ME} es el régimen máximo del ME, $\xi_{j,\text{min}}$ la relación de transmisión menor (cambio más alto). ξ_d es la relación de transmisión del diferencial. La máxima pendiente que un vehículo puede superar a una velocidad dada (generalmente se ignora la resistencia aerodinámica ya que la circulación por ambas es elevadas se produce a baja velocidad, $F_{t,\text{máx}} = mg \text{sen } \alpha + mgf_r$).

El esfuerzo tractor máximo será el menor valor de entre el esfuerzo tractor máximo en lian ta y el esfuerzo tractor limitado por la adherencia:

$$F_{t,\text{máx}} = \frac{M_{\text{ME,máx}} \xi_1 \xi_d \eta_t}{r_c}$$

Ecuación 5

El comportamiento en aceleración es el tiempo que invierte el vehículo en pasar de una velocidad baja (0 km/h) a una velocidad alta (100 km/h para turismo). En turismo

el requerimiento en aceleración es más importante que el de máxima velocidad y pendiente, y es el que marca la potencia del sistema tractor ($P_t = F_r + F_a + m \, dv/dt$).

Los valores de aceleración se hallan de la simulación o de pruebas reales. En vehículos con motor de combustión la prueba se hace a máxima potencia. En vehículos eléctricos, la prueba se suele hacer a par máximo.

En los motores eléctricos el par es una función bastante simple del régimen de giro. En la mayoría de los casos, a bajas velocidades el par máximo es constante, hasta que se alcanza el valor crítico o velocidad base, a partir del mismo el par cae. El tiempo de aceleración de un VE se puede expresar como:

$$t_a = \int_0^{V_b} \frac{M_v \delta}{P_t/V_b - M_v g f_r - (1/2) \rho_a C_D A_f V^2} dV \quad \text{Ecuación 5}$$

$$+ \int_{V_b}^{V_f} \frac{M_v \delta}{P_t/V - M_v g f_r - (1/2) \rho_a C_D A_f V^2} dV, \quad \text{Ecuación 6}$$

Es difícil obtener una solución analítica a la ecuación anterior. En una primera aproximación pueden despreciarse la resistencia a la rodadura y aerodinámica:

$$t_a = \frac{m \gamma_m}{2P_t} (v_f^2 + v_b^2) \quad \text{Ecuación 7}$$

La potencia de tracción se puede expresar como:

$$P_t = \frac{m \gamma_m}{2t_a} (v_f^2 + v_b^2) \quad \text{Ecuación 8}$$

Indicar que esta ecuación solo tiene en cuenta la aceleración. La potencia media de arrastre durante la aceleración se puede expresar Como:

$$\bar{P}_{drag} = \frac{1}{t_a} \int_0^{t_a} \left(M_v g f_r V + \frac{1}{2} \rho_a C_D A_f V^3 \right) dt. \quad \text{Ecuación 9}$$

Sustituyendo:
$$V = V_f \sqrt{\frac{t}{t_a}}$$
 Ecuación 10

Quedaría:
$$\bar{P}_{drag} = \frac{2}{3} M_v g f_r V_f + \frac{1}{5} \rho_a C_D A_f V_f^3$$
 Ecuación 11

Finalmente:
$$P_t = \frac{\delta M_v}{2t_a} (V_f^2 + V_b^2) + \frac{2}{3} M_v g f_r V_f + \frac{1}{5} \rho_a C_D A_f V_f^3$$
 Ecuación 12

La ecuación final indica para un patrón de aceleración dado, una velocidad base del vehículo baja conducirá a un motor de menor potencia. Sin embargo, esta disminución de la potencia con la velocidad del vehículo no es siempre idéntica, diferenciado la ecuación anterior respecto a V_b :

$$\frac{dP_t}{dv_b} = \frac{m \gamma_m}{t_a} v_b$$
 Ecuación 13

2.2.4. Esfuerzo de tracción en conducción normal

El comportamiento del vehículo descrito anteriormente presenta las capacidades del vehículo frente a la velocidad, aceleración y pendiente, incluso la potencia del tren de tracción. Sin embargo, en condiciones de conducción normal, estas capacidades máximas, raramente se utilizan.

Durante la mayor parte del funcionamiento del vehículo, el tren de potencia trabaja a carga parcial. El esfuerzo de tracción (potencia) real y la velocidad varían ampliamente con las condiciones de funcionamiento; aceleración, deceleración, subidas, bajadas, etc.

Estas variaciones están asociadas tanto a las condiciones del tráfico. Como al propio tipo de vehículo. Las condiciones de tráfico en autopista y en ciudad varían enormemente, así como las funcionalidades de los vehículos como los vehículos de pasajeros y los vehículos con rutas de operación regular.

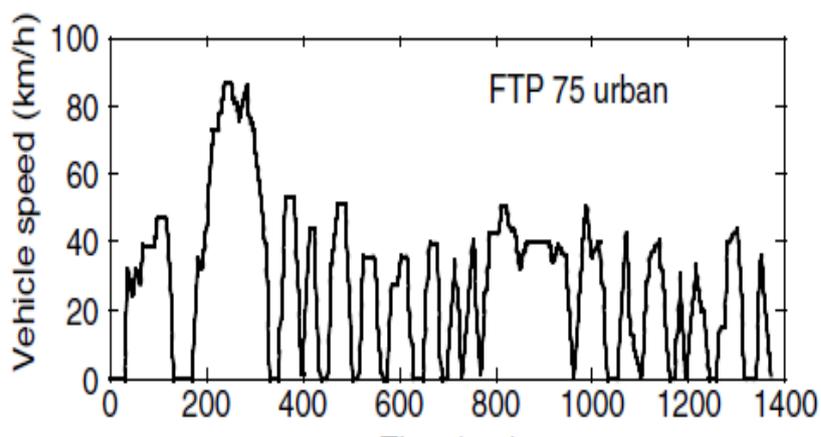


Figura 7: Condiciones de tráfico de autopista
Fuente: <https://www.autopistas.com/es/eco>

Es difícil describir el esfuerzo de tracción y las variaciones de velocidad en ambientes de tráfico real con exactitud y cuantitativamente. Sin embargo, algunos ciclos de conducción representativos se han desarrollado para emular las condiciones de tráfico típicas.

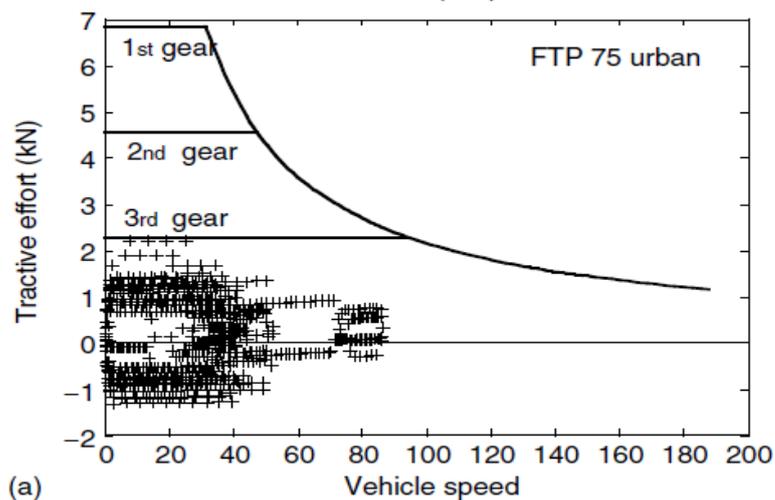


Figura 8 Condiciones de tráfico real
Fuente: <https://www.autopistas.com/es/eco>

Estos ciclos de conducción representan velocidades de vehículo frente a tiempo en carretera plana.

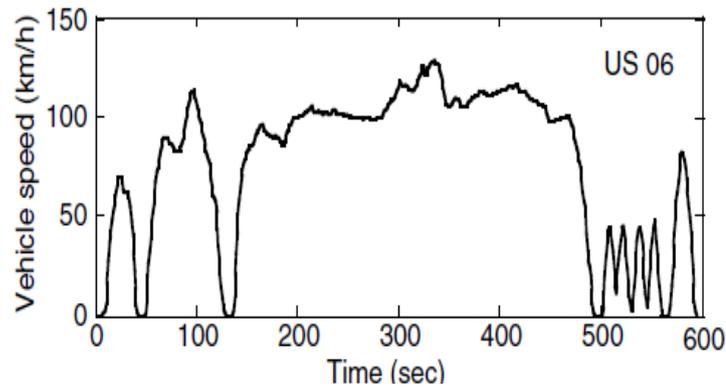


Figura 9: Condiciones en carretera plana

Fuente: https://www.elotrolado.net/wiki/Hibridos#Conducci.C3.B3n_Urbana

A modo de ejemplo, en la figura 10, se puede observar el correspondiente al ciclo americano urbano FTP75 y de otros ciclos de conducción detallados respectivamente.

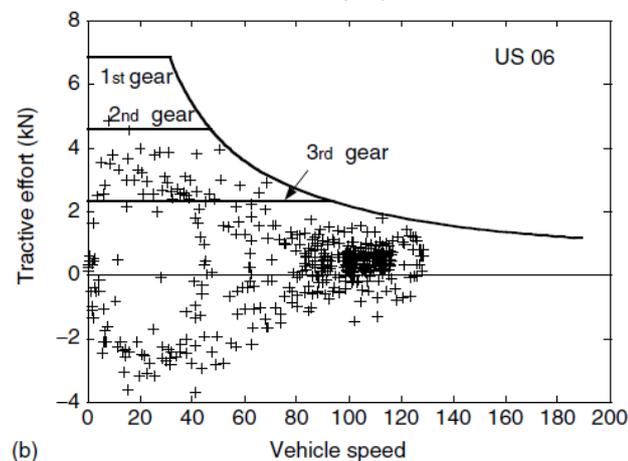


Figura 10: Condiciones ciclo americano urbano

Fuente: https://www.elotrolado.net/wiki/Hibridos#Conducci.C3.B3n_Urbana

En un ciclo de conducción específico el esfuerzo de tracción se puede calcular mediante la expresión:

$$F_t = mgf_r \cos\alpha + \frac{1}{2}\rho_a C_x A_f v^2 + m\gamma_m \frac{dv}{dt} \quad \text{Ecuación 14}$$

Utilizando la ecuación anterior, los esfuerzos de tracción en cualquier instante se pueden calcular y los resultados se muestran en la figura 11. Los puntos de esfuerzo de tracción frente a velocidad en un plano, muestran claramente el área de

funcionamiento del tren de potencia. La figura que se a continuación muestra la distribución temporal del esfuerzo de tracción y la velocidad.

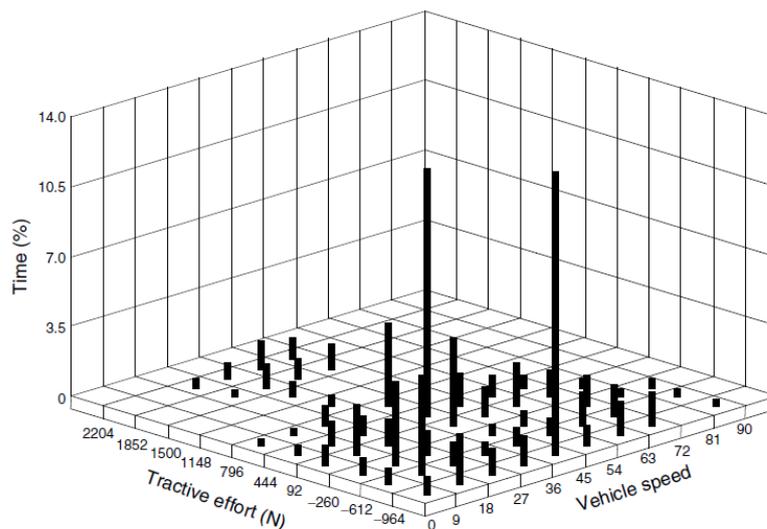


Figura 11: Puntos de esfuerzo de tracción frente a velocidad en un plano

Fuente: <https://www.elotrolado.net/wiki/Hibridos>

El joule o el kilojoule (J o kJ) es la unidad de energía, sin embargo en el campo de los vehículos híbridos es preferible expresar el consumo de energía por unidad de distancia. kWh / km se utiliza generalmente para evaluar el consumo de energía del vehículo.

Sin embargo, para los vehículos ICE, la unidad comúnmente utilizada es una unidad física de combustible volumen por unidad de distancia, como km andados por galón de combustible

La unidad de consumo de energía original en kWh, medida en los terminales de la batería, es más adecuado. La capacidad de energía de la batería suele medirse en kWh y el rango de conducción por carga de la batería se puede calcular fácilmente. El consumo de energía es una integración de la potencia de salida en la batería terminales. Para la propulsión, la potencia de la batería es igual a la Potencia y cualquier pérdida de potencia en la transmisión y en el accionamiento del motor, incluyendo pérdidas de potencia en electrónica. Las pérdidas de potencia en motor son representados por sus eficiencias η_t y η_m , respectivamente. Así, la potencia de la batería se puede expresar como:

$$P_{b-out} = \frac{V}{\eta_t \eta_m} \left(M_v g (f_r + i) + \frac{1}{2} \rho_a C_D A_f V^2 + M \delta \frac{dV}{dt} \right). \quad \text{Ecuación 15}$$

En este caso la carga auxiliar no está incluida, en algunos casos las cargas auxiliares pueden ser demasiado significativas para ser ignoradas y deben agregarse a la carga de tracción. Cuando el frenado regenerativo es efectivo en un EV, una parte de la energía de frenado - desperdiciada en vehículos convencionales - puede ser recuperada haciendo funcionar el accionamiento del motor como generador y restaurándolo en las baterías.

La potencia de frenado regenerativa en los terminales de la batería también puede ser expresado como:

$$P_{b-in} = \frac{\alpha V}{\eta_t \eta_m} \left(M_v g (f_r + i) + \frac{1}{2} \rho_a C_D A_f V^2 + M \delta \frac{dV}{dt} \right), \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde la pendiente i o la aceleración dV/dt son negativos y α es el porcentaje de frenada que se puede recuperar por el ME. Denominado factor de frenada regenerativa. El factor de frenada regenerativa, M , es una función del esfuerzo de frenado aplicado y del diseño y control del sistema de frenado. El consumo de energía neto de las baterías:

$$E_{out} = \int_{traction} P_{b-out} dt + \int_{braking} P_{b-in} dt. \quad \text{Ecuación 17}$$

Mientras que el rendimiento de la transmisión n , se puede considerar constante, con un valor cercano a 0,95 el rendimiento del motor eléctrico es variable. Este depende de la potencia del par y también del tamaño del motor. El rendimiento del motor eléctrico y de su controlador se asocia conjuntamente. La siguiente expresión modela bastante bien el rendimiento del motor eléctrico:

$$\eta_{ME} = \frac{M_{ME} \cdot \omega}{M_{ME} \cdot \omega + k_c \cdot M_{ME}^2 + k_d \cdot \omega + k_r \cdot \omega^3 + C} \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde k_r es el coeficiente de pérdidas del cobre, k_c es el coeficiente de pérdidas del hierro, k_d es el coeficiente de pérdidas del devanado y C es un coeficiente de pérdidas del cobre que se aplica a cualquier velocidad.

Las ineficiencias del motor, controlador y transmisión hacen que la potencia del motor no sea igual que la potencia de tracción, y la potencia eléctrica para mover el ME sea mayor que la potencia mecánica de salida:

$$P_{ME_SALIDA} = \frac{P_t}{\eta_t}$$

Ecuación 19

$$P_{ME_ENTRADA} = \frac{P_{ME_SALIDA}}{\eta_{ME}}$$

Ecuación 20

Teniendo en cuenta la potencia para accionar los auxiliares, P . (normalmente se toma un valor medio), la potencia de la batería se puede expresar como:

$$P_{BAT} = P_{ME_ENTRADA} + P_{aux}$$

Ecuación 21

2.3. Sistema propulsor híbrido en serie

En la figura 12 aparece un esquema de una configuración híbrida en serie. La propulsión es puramente eléctrica mediante un motor eléctrico alimentado por unas baterías o por un motor térmico/generador. Ambas fuentes de potencia se fusionan mediante un sistema de control electrónico.

Durante el funcionamiento del vehículo se puede disponer de varios modos de operación, de acuerdo con las demandas de potencia del conductor y del estado del sistema de tracción. El comportamiento del vehículo (en términos de aceleración, pendiente y velocidad máxima) viene determinado por el tamaño y características del motor eléctrico de tracción.

La capacidad de potencia del motor y la transmisión se diseñan de forma análoga a la de un VE. Sin embargo, el sistema de controles es completamente diferente, ya que ha de controlar el motor térmico/generador. La configuración en serie es la más simple, donde solamente el motor eléctrico proporciona potencia propulsiva.

El rango de operación del MCIA se puede limitar de manera que evite variaciones bruscas de la carga con la consiguiente disminución de las emisiones contaminantes. Seleccionando el rango operativo apropiado para el MCIA, coincidente con su rango de mayor rendimiento, se puede conseguir un ahorro energético muy importante.

La potencia requerida para mover el vehículo la proporciona solamente el motor eléctrico. Aparte del MCIA y del generador, el sistema de propulsión es similar al de un VE, siendo los requerimientos del motor eléctrico los mismos que para un VE.

Otra ventaja de esta tipología es que el motor térmico y el eléctrico se pueden montar separadamente. Esto permite la posibilidad de distribuir el peso del sistema propulsor del vehículo y en autobuses una oportunidad de utilizar piso bajo.

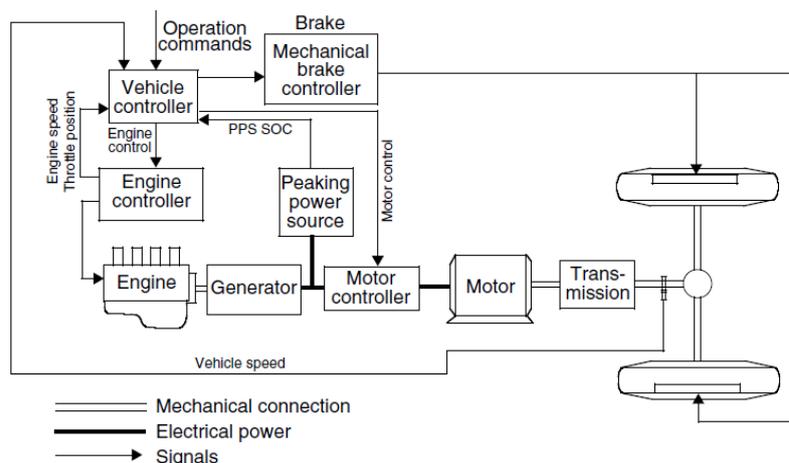


Figura 12: Esquema de configuración híbrida en serie

Fuente: <https://www.toyota.es/world-of-toyota/articles-news-events>

2.4. MCIA (Motor de Combustión Interna Alternativo), VE (Vehículo Eléctrico), Contaminación atmosférica, Sistema de combustión, Método deductivo, Recolector de basura eléctrico Modos de operación

La configuración en serie el motor térmico se encuentra desacoplado del eje de tracción. El par y el régimen del motor térmico son independientes de la velocidad y demanda de par del vehículo, y puede funcionar en cualquier punto de sus curvas características. Generalmente, estos puntos se seccionan en aquellas zonas donde el consumo y las emisiones son mínimos (ver figura 14). No obstante, su funcionamiento óptimo, aunque realizable, depende fuertemente de los modos de conducción y de las estrategias de control.

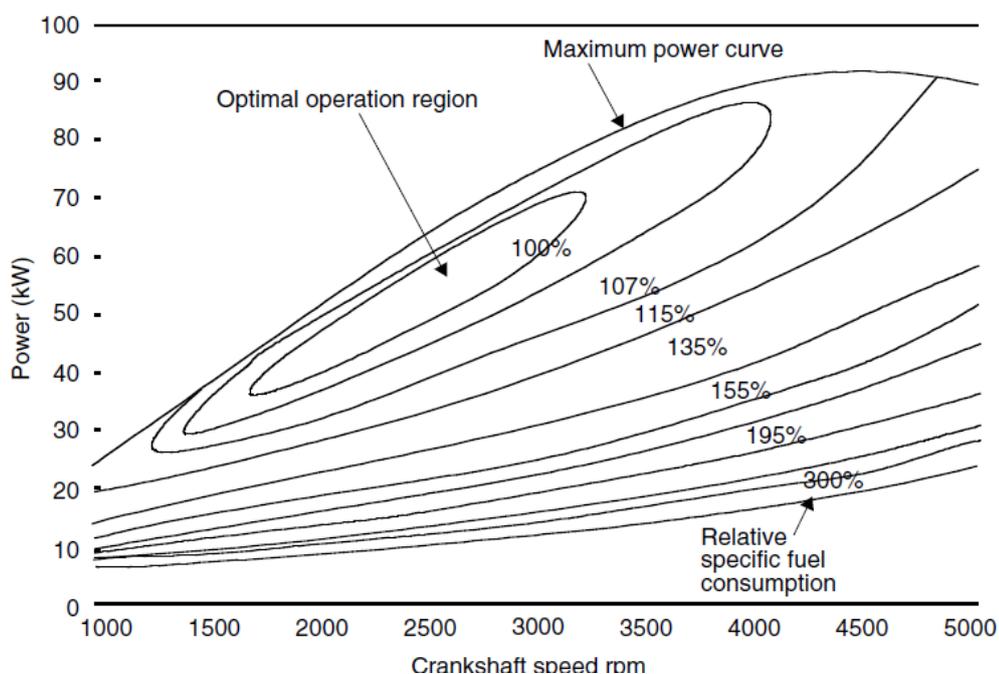


Figura 13. Modos de conducción

Fuente: <http://www.autopista.es/toyota-auris-hibrido/articulo>

El tren de accionamiento tiene varios modos de funcionamiento, que pueden utilizarse selectivamente De acuerdo con la condición de conducción y el deseo del conductor. Estas operaciones

2.4.1. Modo de tracción híbrido:

Cuando una gran cantidad de energía es exigida, es decir, el conductor presiona el pedal del acelerador profundamente, el motor-generator y la fuente de energía de pico (batería) suministran sus energías al accionamiento del motor eléctrico.

En este caso, el motor debe ser controlado para funcionar en su región óptima su eficiencia, las razones de emisión como se muestra en la figura anterior. Las baterías suministran la potencia adicional para satisfacer la demanda de potencia de tracción.

Este modo de operación puede expresarse como:

$$P_{\text{demandada}} = P_{\text{MCIA}} + P_{\text{BAT}}$$

Ecuación 22

2.4.2. Modo de tracción Batería

En este modo de funcionamiento la fuente de energía es la batería que por sí sola suministra su potencia para satisfacer la potencia demanda, es decir:

$$P_{\text{demandada}} = P_{\text{BAT}}$$

Ecuación 23

2.4.3. Modo de tracción con Motor-Generador

En este modo de funcionamiento el motor-generator solo suministra su potencia para cumplir con la potencia demanda, es decir:

$$P_{\text{demandada}} = P_{\text{MCIA}}$$

Ecuación 24

2.4.4. Modo carga de batería.

Cuando la energía en la batería disminuye de manera grande, esta debe ser cargada. Esto puede ser por frenada regenerativa o por medio del motor-generator. Por lo

general es necesario cargar a través del motor-generador, ya que la carga de frenada es insuficiente, en este caso la potencia del motor es dividida en dos partes: una se utiliza para propulsar el vehículo y la otra se utiliza para cargar la batería. Es decir:

$$P_{\text{demandada}} = P_{\text{MCIA}} - P_{\text{BAT}}$$

Ecuación 25

2.4.5. Modo de frenado regenerativo

Cuando el vehículo frena, la tracción del motor puede utilizarse como generador, convirtiendo parte de la energía cinética de la masa del vehículo en energía eléctrica para cargar las baterías.

III. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto se sustentara en la aplicación de métodos científicos de investigación, específicamente en el método deductivo

Método deductivo

Es un método científico de razonamiento que consiste en tomar conclusiones generales para explicaciones particulares. El método se inicia con el análisis de los postulados, teoremas, leyes, principios, etcétera, de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares.

Para este proyecto resulta de gran ayuda e importancia al momento de recopilar información de fuentes literarias afines a vehículos eléctricos y procedimientos realizados que se puedan relacionar a las necesidades a desarrollar un recolector de basura eléctrica. Además mediante un razonamiento lógico lograr determinar los cálculos matemáticos para el desarrollo del recolector eléctrico.

3.1. Componentes de la configuración en Serie

El diseño exitoso del sistema propulsor implica asegurar el correcto funcionamiento del vehículo en la aceleración, en la subida de una pendiente, a velocidad elevada y con un rendimiento alto. Los componentes que se ven afectados para lograr dicho propósito son el motor eléctrico de tracción, el motor/generador, las baterías y el dispositivo de acoplamiento eléctrico.

3.2. Dispositivos de acoplamiento eléctrico

El dispositivo de acoplamiento eléctrico es el único punto de unión entre el motor eléctrico, el motor/generador y las baterías. Su principal función es regular el flujo de potencia (intensidad) de estas fuentes y sumideros de potencia. La regulación de la potencia (intensidad) se lleva a cabo a través del control de los terminales de tensión.

Esta configuración es la más simple y la de menor coste. Su principal característica es que el bus de tensión es el mismo para la tensión rectificada del generador y para el de las baterías. La tensión viene determinada por el valor menor de los dos dispositivos (generador y baterías). El flujo de potencia se controla únicamente por la tensión del generador.

Para entregar la potencia al motor eléctrico y/o baterías, la tensión rectificada en un circuito abierto del generador debe ser mayor al de las baterías. Esto se consigue regulando la mariposa del motor térmico o el campo magnético del generador. Cuando el generador proporciona una tensión igual a la tensión en circuito abierto de las baterías, las baterías no entregan potencia, y el generador alimenta eléctricamente al motor de tracción.

Cuando la tensión del generador es menor que la tensión en circuito abierto de las baterías, las baterías alimentan de forma exclusiva al motor eléctrico. En frenada regenerativa, la tensión generada por el motor eléctrico de tracción debe ser mayor que la de las baterías, sin embargo, la tensión generada por el motor eléctrico es proporcional a su régimen de giro.

Por tanto, la capacidad de frenada regenerativa se ve limitada a baja velocidad. Es obvio, que este simple diseño implica que la tensión del generador y de las baterías debe ser del mismo orden de magnitud. Así, resulta en unas baterías demasiado pesadas debido a la tensión elevada.

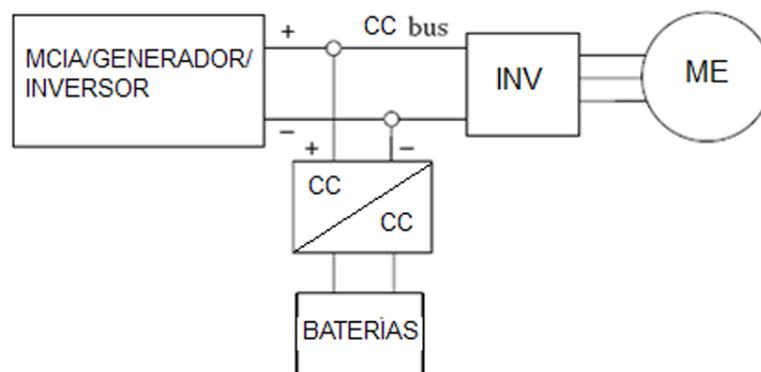


Figura 14: Acoplamiento eléctrico 1
Fuente: <https://blogthinkbig.com>

Añadiendo un convertidor CC/CC, se relajan las restricciones de tensión, y el sistema mejora su comportamiento. Se pueden presentar dos alternativas que se muestran en las figuras 14 y 15

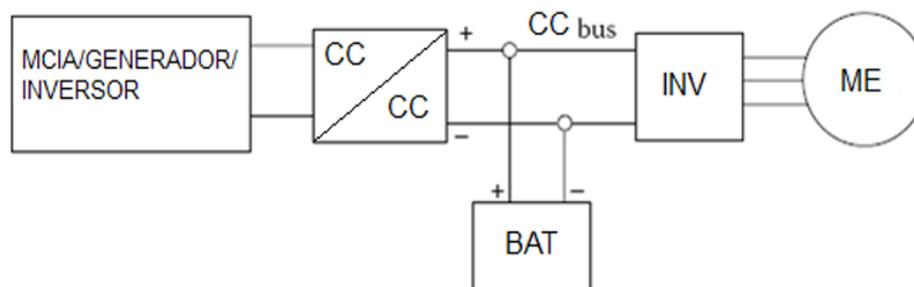


Figura 15: Acoplamiento eléctrico 2

Fuente: <https://blogthinkbig.com>

En la figura 14 el convertidor se conecta entre las baterías y el bus de tensión, de manera que la tensión rectificadora del generador se conecta directamente al motor eléctrico. De este modo, la batería puede funcionar con una tensión diferente, mientras que la tensión rectificadora del generador es igual a la tensión de continua del bus.

En la figura 15 el convertidor se conecta entre el generador y el bus de tensión, de manera que la tensión de las baterías se conecta directamente al bus de tensión de continua.

De esta manera, el generador puede funcionar con una tensión diferente condicionada por el convertidor, mientras que la tensión de las baterías es igual a la tensión de continua del bus.

De estas dos configuraciones la primera es la más apropiada, como ventajas se puede decir que:

- Los cambios de tensión de las baterías no afectan al bus de tensión.
- Se puede utilizar la capacidad completa de las baterías.
- La tensión del bus de tensión se puede regular mediante la mariposa del motor térmico mediante la variación del campo magnético del generador.

Puede utilizarse una menor tensión de las baterías lo que implica un menor peso y coste. Se puede regular la carga de corriente a las baterías desde la frenada regenerativa y también la carga desde el generador

3.3. Diseño de los elementos de tracción

Los requerimientos energéticos del motor eléctrico serán iguales a los del vehículo eléctrico sin embargo la extensión de energía se la realiza mediante un motor de combustión interna acoplado con un generador de manera que transforme la energía mecánica en energía eléctrica.

3.3.1. Potencia del motor térmico-generador

En una configuración en serie el motor-generador se utiliza para suministrar potencia en condiciones aproximadamente cuasi-estacionarias a las baterías para que estas no se descarguen. En el diseño del motor-generador se tiene en cuenta dos tipos de condiciones diferentes de conducción:

3.3.1.1. Un ciclo de conducción en autopista de largo recorrido

En el que el vehículo no debería depender de las baterías para soportar la operación a altas velocidades, por ejemplo a 120 km/h. El motor-generador debería ser capaz de suministrar la suficiente potencia para soportar la velocidad del vehículo.

3.3.1.2. Un ciclo urbano, con frecuentes paradas y arranques,

En el que el motor-generador debería producir la suficiente potencia para mantener la energía almacenada en las baterías a un determinado nivel, también para acelerar y superar pendientes.

A velocidad constante y en carretera plana, la potencia del motor-generador se puede calcular como:

$$P_{MCIAG} = \frac{V}{\eta_t \eta_{ME}} \left(mgf_r + \frac{1}{2} \rho_a C_x A_f V^2 \right)$$

Ecuación 26

Donde η_t , es el rendimiento de la transmisión, η_{ME} es el rendimiento del motor de tracción. La figura 16 muestra la variación de la potencia con la velocidad para un turismo de 1500 kg. La demanda en potencia es mucho menor que para la aceleración. En este ejemplo, se observa que se necesita una potencia de 19kW aproximadamente para un velocidad constante de 120 km/h ($\eta=0.95$, $\eta=0,85$).

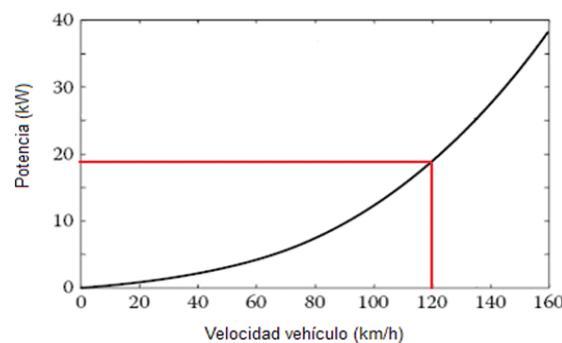


Figura 16: Variación de la potencia con la velocidad
Fuente: <https://blogthinkbig.com>

3.4. Dinámica vehicular en ciclo de conducción

Un ciclo de conducción comúnmente representa un conjunto de puntos de velocidad del vehículo en función del tiempo.

Se utiliza para evaluar el consumo de combustible y las emisiones de contaminantes de un vehículo de manera normalizada, de modo que los diferentes vehículos pueden ser comparados. El ciclo de conducción se realiza en un dinamómetro de chasis, donde las emisiones de escape del vehículo se recogen y analizan para evaluar las tasas de emisiones.

3.4.1. Los ciclos de conducción y homologación

En el área de vehículos comerciales, el ciclo de conducción no se realiza en un dinamómetro de vehículo sino en un dinamómetro de motor y se evalúa a través de un

conjunto de par motor y puntos de velocidad en lugar de puntos de velocidad del vehículo. Existen dos tipos de ciclos de conducción, los ciclos modales como el estándar europeo NEDC o el modo japonés 10-15 y los ciclos transitorios como el ciclo FTP-75 o Artemis.

La principal diferencia es que los ciclos modales son una recopilación de aceleración directa y períodos de velocidad constante y no son representativos de un comportamiento real del conductor, mientras que los ciclos transitorios implican muchas variaciones de velocidad, típicas de las condiciones de conducción en carretera.

Los ciclos de conducción nacen de la necesidad de evaluar las emisiones de CO₂ de vehículos diferentes en las mismas condiciones, y establecer así unos límites que permitan su homologación respecto a la ley Europea de circulación.

Se estima que un vehículo ligero de pasajeros tiene una vida útil por encima de los 15 años en los que puede llegar a recorrer más de 200.000 kilómetros, emitiendo entre 20 y 40 toneladas de CO₂ a lo largo de toda su vida útil. Sin embargo, dependiendo de las condiciones en las que se recorran esos kilómetros, esto es, el uso del vehículo, las emisiones de CO₂ varían de un mismo vehículo a otro.

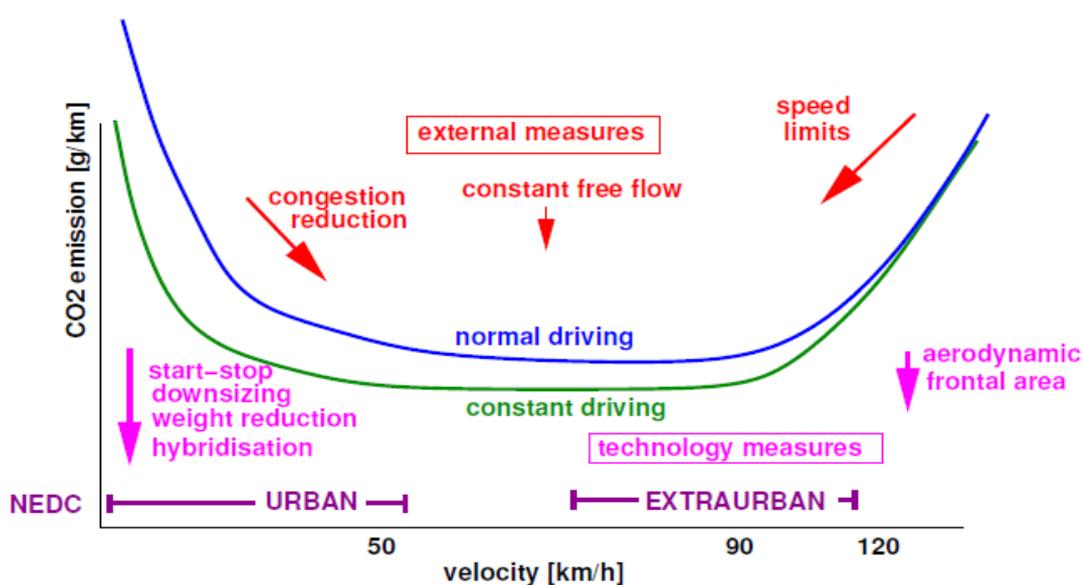


Figura 17: Tipo de conducción e impacto en emisiones

Fuente: <https://www.ecologistasenaccion.org/article16233.html>

Además de los diferentes modos de utilización del vehículo, influyen aspectos como el combustible empleado, el peso o carga que esté transportando el vehículo, uso de equipamiento de confort, marcha engranada, arranques en frío por cada kilómetro recorrido, velocidad de circulación o el tráfico encontrado.

3.4.1.1. Ciclo NEDC

El NEDC se utiliza como ciclo de referencia para la homologación de vehículos hasta la norma Euro6 en Europa y algunos otros países. Está hecho de una parte urbana llamada ECE, que se repite cuatro veces, y una parte extra-urbana, el EUDC.

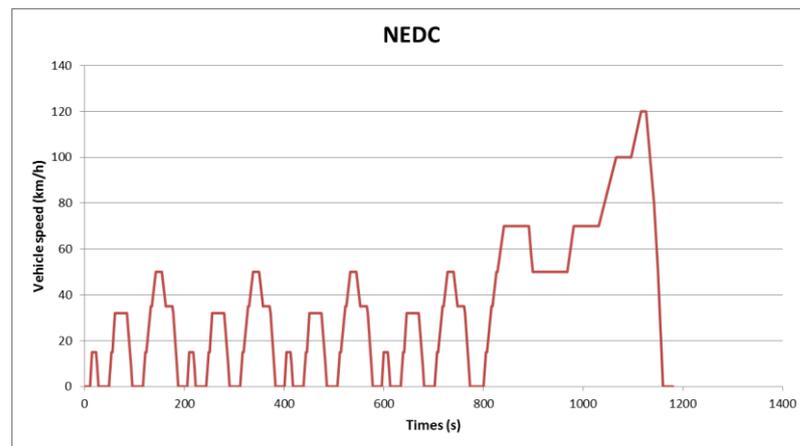


Figura 18: Ciclo de conducción NEDC

Fuente: <https://www.ecologistasenaccion.org/article16233.html>

Está compuesto por una parte urbana y una extra urbana como se ve en la siguiente figura:

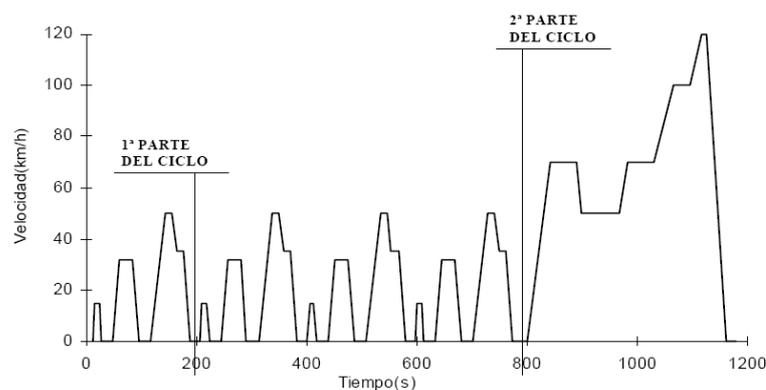


Figura 19: Componentes del ciclo de conducción NEDC

Fuente: <http://e-auto.com.mx/enev/index.php/85-boletines-tecnicos/6569-que-es-la>

Dentro del urbano, se repite cuatro veces el subciclo siguiente

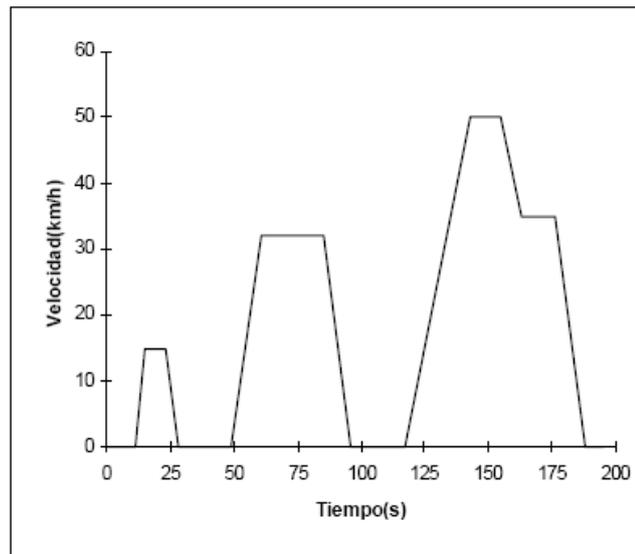


Figura 20: Ciclo urbano NEDC

Fuente: <http://e-auto.com.mx/ew/index.php/85-boletines-tecnicos/6569>

El subciclo extraurbano, encargado de representar la conducción en autovía y carretera secundaria, es el siguiente:

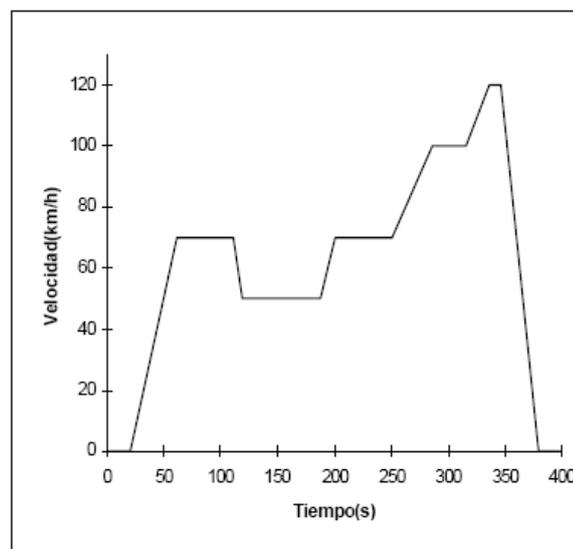


Figura 21: Subciclo extraurbano NEDC

Fuente: <http://e-auto.com.mx/ew/index.php/85-boletines-tecnicos/6569>

Este ciclo es criticado por los expertos, ya que no representa condiciones reales de conducción de la vida. De hecho, las aceleraciones son muy suaves; Hay un montón de cruces de velocidad constante y un montón de eventos inactivos.

Esto hace imposible obtener valores certificados cuando se conduce con el vehículo en condiciones reales. Por estas razones, las autoridades europeas están estudiando una solución para sustituir al NEDC. El nuevo ciclo denominado Procedimiento mundial de prueba de vehículo ligero armonizado (WLTP) aparecerá probablemente para la próxima norma Euro7.

3.4.1.2. El ciclo de conducción de Artemis

Este ciclo se basa en un estudio estadístico realizado en Europa dentro del denominado proyecto Artemis. Se compone de 3 configuraciones diferentes, además de una variante adicional: el ciclo urbano, el rural, la autopista 130 km / h y la autopista 150 km / h.

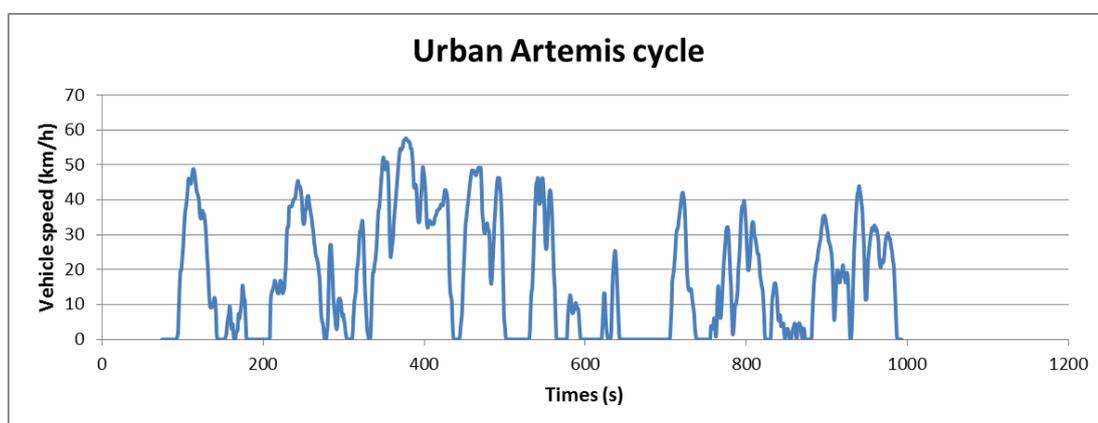


Figura 22: Ciclo Urbano Artemis

Fuente: <http://www.redalyc.org/pdf/404/40460301.pdf>

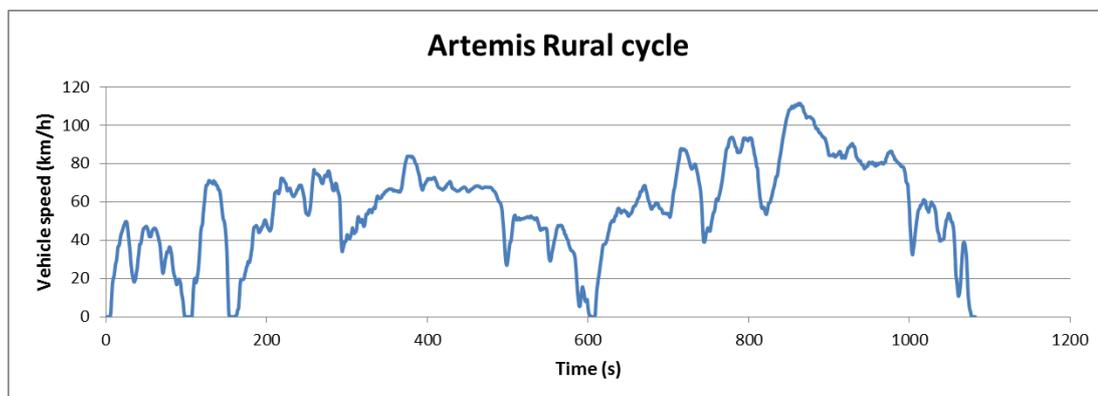


Figura 23: Ciclo Rural Artemis

Fuente: <http://www.redalyc.org/pdf/404/40460301.pdf>

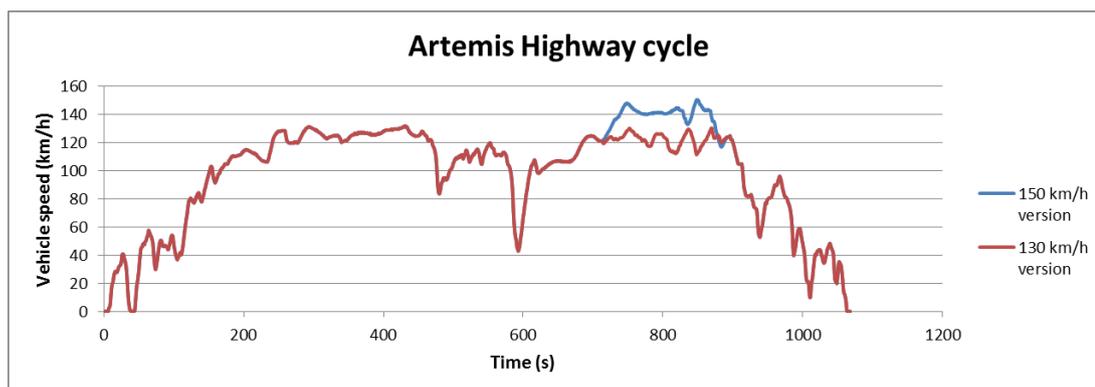


Figura 24: Ciclo Autopista Artemis

Fuente: <http://www.redalyc.org/pdf/404/40460301.pdf>

Aquí están las características principales de los ciclos:

Tabla 1: Características del ciclo Artemis

	Urbano	Rural	Motorway 150	Motorway130
Distancia	4870 m	17272 m	29545 m	28735 m
Duración	993 s	1082 s	1068 s	1068 s
Velocidad Promedio	17.6 km/h	57.5 km/h	99.6 km/h	96.9 km/h

Los ciclos Artemis no se utilizan para la certificación de contaminantes o el consumo de combustible. Sin embargo, los fabricantes de automóviles utilizan este tipo de ciclo para comprender mejor las condiciones reales de conducción y para evaluar las prestaciones reales de sus vehículos.

3.4.1.3. Ciclos de conducción americanos

3.4.1.3.1. Ciclo FTP-75

El ciclo FTP (para el Procedimiento de Prueba Federal) ha sido creado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) para representar un ciclo de desplazamiento con una parte de la conducción urbana incluyendo paradas frecuentes y parte de la conducción en carretera.

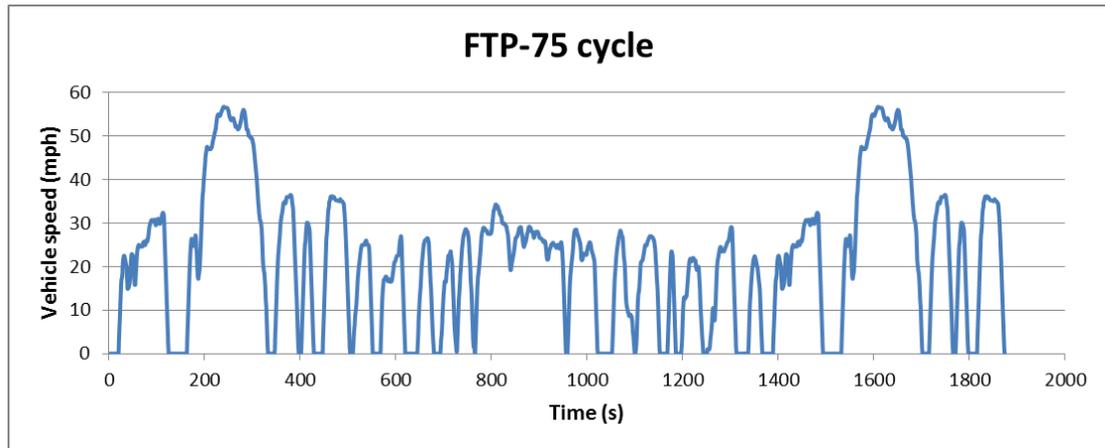


Figura 25: Ciclo de prueba Federal

Fuente: <http://www.redalyc.org/pdf/404/40460301.pdf>

Estas son las principales características del ciclo:

Tabla 2: Características del Ciclo FTP-7

Distancia	11.04 miles (17.77 km)
Duración	1874 s
Velocidad promedio	21.2 mph (34.1 km/h)

3.4.1.3.2. Ciclo de prueba de economía de combustible en carretera

La prueba de economía de combustible de carretera (HWFET) se utiliza para evaluar la economía de combustible durante el ciclo de conducción de la carretera.

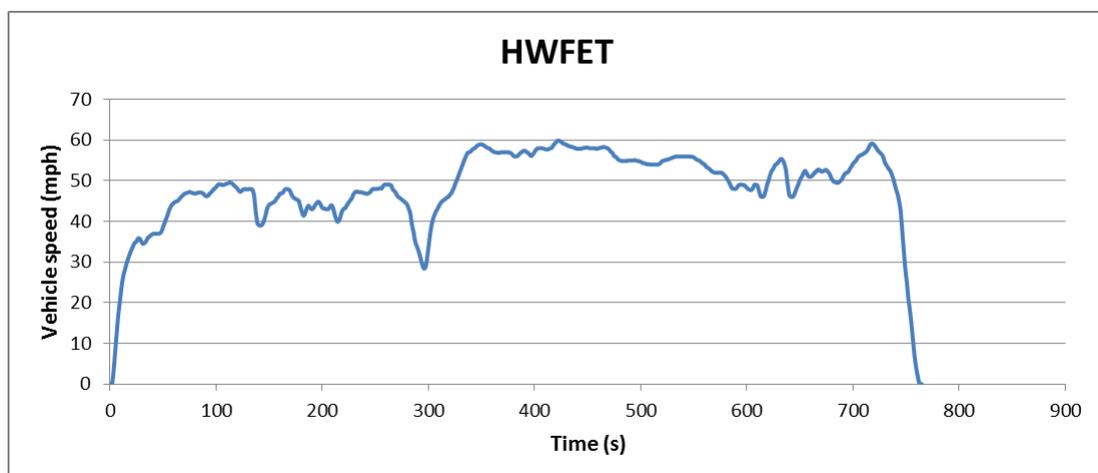


Figura 26: Ciclo de prueba HWFET

Fuente: <http://www.redalyc.org/pdf/404/40460301.pdf>

Estas son las principales características del ciclo:

Tabla 3: Características del Ciclo HWFET

Distancia	12.26 miles (16.45 km)
Duración	765 s
Velocidad promedio	48.3 mph (77.7 km/h)

3.4.1.4. Otros ciclos de prueba

En 2007, la EPA decidió añadir 3 ciclos más a los existentes, con el fin de reflejar mejor las condiciones reales de conducción.

El primero es el US06, que es un complemento de lo que falta en el ciclo FTP-75. De hecho, este ciclo tiene una velocidad máxima superior de 80 mph (130 km/h) y una cierta aceleración más alta que representa un comportamiento de conducción mucho más agresivo.

El SC03 es otro ciclo añadido cuya particularidad debe realizarse a una temperatura ambiente de 35 °C. Esto es necesario para tener en cuenta el aire acondicionado en el consumo de combustible y los cálculos de emisiones.

El último ciclo añadido es el "ciclo frío". Esto es de hecho un FTP-75 realizado a -7 °C de temperatura ambiente.

3.4.1.5. Ciclos de conducción japoneses

3.4.1.5.1. El ciclo del modo 10-15

El ciclo japonés de 10-15 se está utilizando para la certificación de emisiones y consumo de combustible en Japón. Simula tanto el ciclo urbano como el de autopista, incluyendo ralentí, aceleraciones, crucero y deceleraciones. Las mediciones se realizan mientras el motor está caliente, después de un procedimiento estándar de calentamiento.

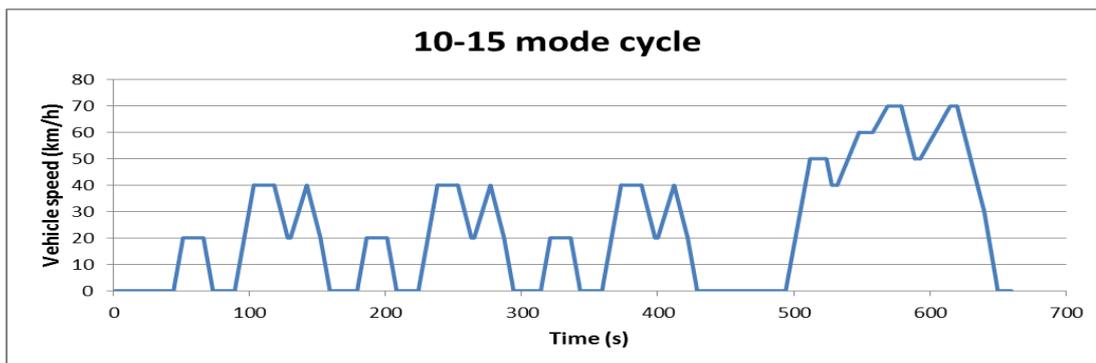


Figura 27: Ciclo del modo 10-15

Fuente: <http://www.redalyc.org/pdf/404/40460301.pdf>

Estas son las principales características del ciclo:

Tabla 4: Características ciclo del modo 10-15

Distancia	4.16 km
Duración	660 s
Velocidad Promedio	22.7 km/h

Este ciclo tiene las mismas desventajas que el NEDC, por eso las autoridades y fabricantes japoneses decidieron cambiar a un ciclo más realista a partir de 2011, el ciclo JC08.

3.4.1.5.2. Ciclo JC08

El JC08 es un ciclo transitorio que es mucho más exigente que el ciclo de modo 10-15. Se realiza tanto con arranque en frío como en caliente y representa conducción en estado congestionado, con fuertes aceleraciones y desaceleraciones.

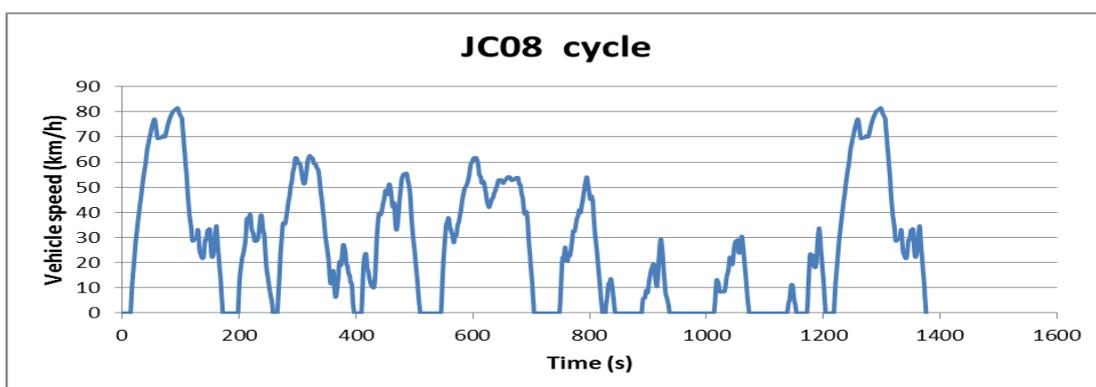


Figura 28: Ciclo JC08

Fuente: <http://www.redalyc.org/pdf/404/40460301.pdf>
Estas son las principales características del ciclo:

Tabla 5: Características ciclo JC08

Distancia	8.17 km
Duración	1204 s
Velocidad Promedio	24.4 km/h

3.4.1.6. Ciclo de conducción armonizado global

Al igual que en los ciclos previos, los Procedimientos de Prueba de Vehículos Ligeros Armonizados Mundiales (WLTP) son una prueba realizada en el dinamómetro de chasis. Permite evaluar los contaminantes y emisiones, la economía de combustible, pero también la gama eléctrica de vehículos ligeros (turismos y furgonetas).

Es desarrollado por expertos europeos, japoneses e indios para reemplazar el ciclo NEDC en 2013-2014.

El procedimiento de ensayo se divide en 3 ciclos, dependiendo de la relación potencia / masa del vehículo ensayado. Esta relación potencia / masa (PMR) se define como la potencia nominal en W dividida por el peso en kilogramos. 3 clases se definen como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 6: Ciclo de conducción armonizado global

	RELACION POTENCIA-MASA (PMR)	COMETARIOS
Clase 3	$PMR \geq 34$	Si $V_{max} < 135$ km/h, la parte extra de alta velocidad se reemplaza por parte de baja velocidad
Clase 2	$22 < PMR < 34$	Si $V_{max} < 90$ km/h, La parte de alta velocidad se reemplaza con la parte de baja velocidad
Clase1	$PMR \leq 22$	Si $V_{max} < 70$ km/h, La pieza de velocidad media se sustituye por la parte de baja velocidad

3.4.1.7. Ciclo WLTC Clase 3

El ciclo de Clase 3 está compuesto por cuatro zonas de velocidad: una representativa de la conducción urbana, una conducción suburbana, una conducción extra urbana y una zona de autopista.

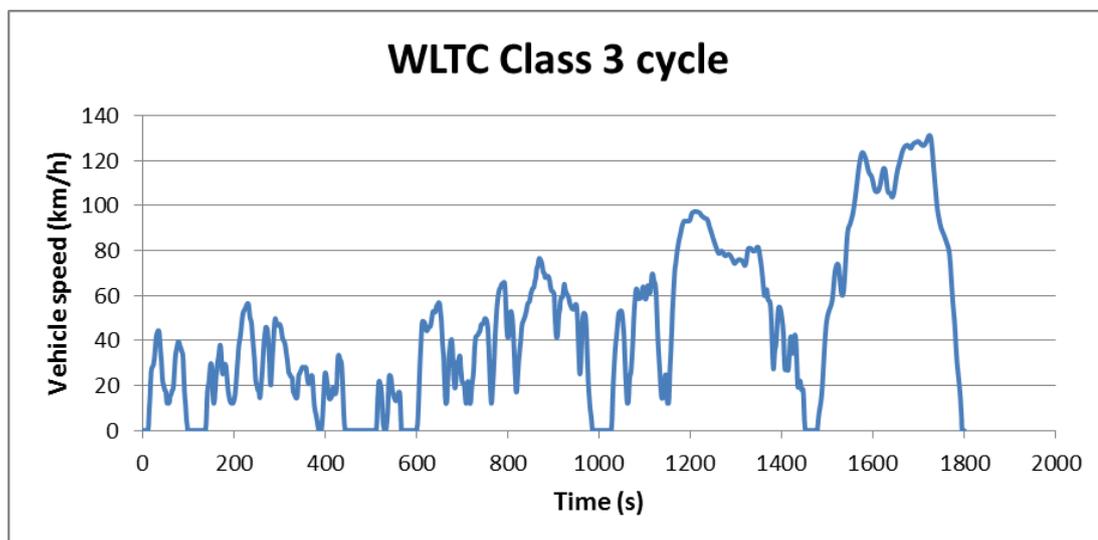


Figura 29: Ciclo WLTC Clase 3

Fuente: <http://www.redalyc.org/pdf/404/40460301.pdf>

Estas son las principales características del ciclo:

Tabla 7: Características Ciclo WLTC Clase 3

Distancia	23.262 km
Duración	1800 s
Velocidad Promedio	46.5 km/h

3.4.1.8. Ciclo WLTC Clase 2

El ciclo de Clase 2 representa velocidades de vehículos bajas, medianas y relativamente altas, cubriendo vehículos indios y vehículos europeos y japoneses de baja potencia.

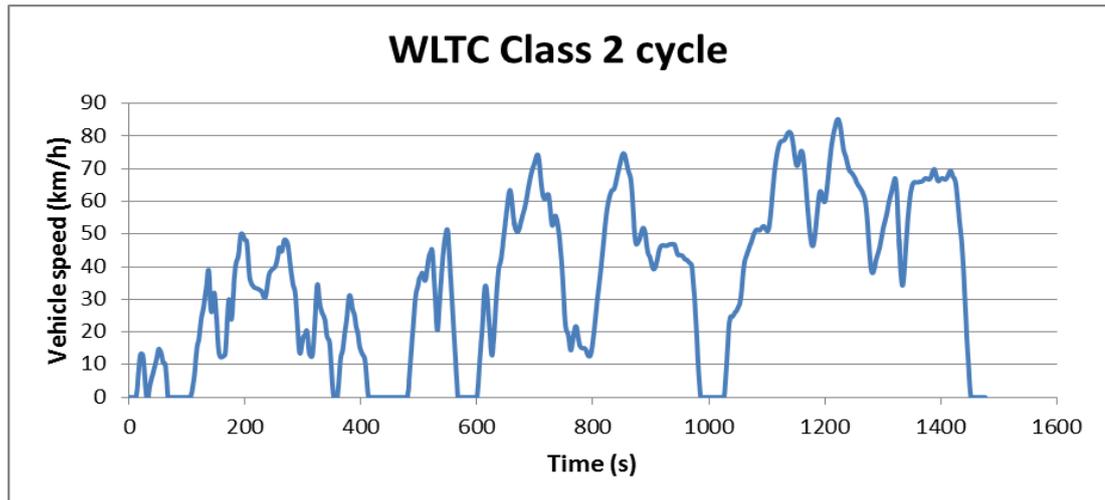


Figura 30: Ciclo WLTC Clase 2

Fuente: <http://www.redalyc.org/pdf/404/40460301.pdf>

Estas son las principales características del ciclo:

Tabla 8: Características Ciclo WLTC Class 2

Distancia	14.664 km
Duración	1477 s
Velocidad Promedio	35.7 km/h

3.4.1.9. Ciclo WLTC Clase 1

Este ciclo está hecho de zonas de baja y media velocidad. Es típico de los vehículos de baja potencia que se pueden encontrar en la India.

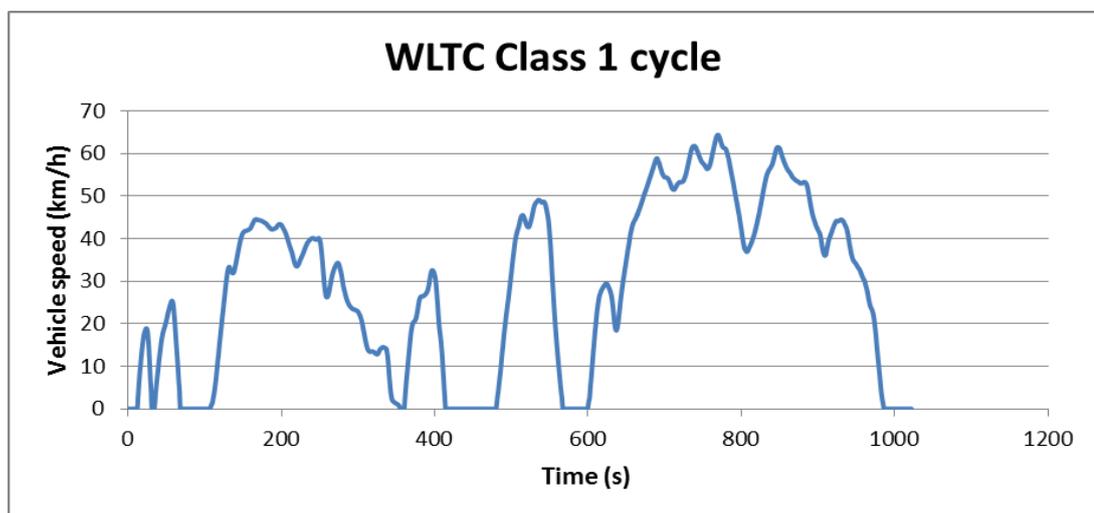


Figura 31: Ciclo WLTC Class 1

Fuente: <http://www.redalyc.org/pdf/404/40460301.pdf>

Estas son las principales características del ciclo:

Tabla 9: Características Ciclo WLTC Class 1

Distancia	8.091 km
Duración	1022 s
Velocidad Promedio	28.5 km/h

3.5. Diseño de los componentes del Sistema de Tracción

Se va a diseñar un camión recolector de basura para la ciudad de Santo Domingo con un sistema eléctrico en serie con los siguientes requerimientos y características:

- La longitud es de 9 metros
- La masa de la tara (masa de vehículo con su equipo fijo autorizado sin pasajeros ni carga y con su dotación completa de agua, combustible, lubricante, repuestos, herramientas y accesorios necesarios) es de 20000 Kg
- La masa máxima autorizada MMA es de 30000 Kg
- La altura es de 3,9 m y el ancho de 2,5 m.
- El coeficiente aerodinámico del camión es de 0,8.
- El coeficiente de rodadura de 0,012.
- La velocidad máxima de 90 Km/h
- La autonomía de las baterías es de 6 horas.
- Se debe diseñar para rampas máximas de 15 % acelerando en un tiempo de 10 segundos.
- El rendimiento de la transmisión es de 0,85% y el rendimiento de transmisión del eje a las ruedas de 0,9%
- Considerar un factor de masa equivalente igual a 1,041

3.6. Calculo de la Potencia del motor eléctrico

Se debe calcular de acuerdo a los requerimientos, la potencia del motor debe diseñarse de acuerdo al comportamiento en aceleración, es decir desde velocidad inicial igual a cero hasta la velocidad final en este caso 90 Km/h.

También se debe diseñar su potencia para superar una pendiente, por las condiciones del suelo de Santo Domingo se realizará con una pendiente del 15%. Finalmente también se debe diseñar la potencia para alcanzar la velocidad máxima.

3.6.1. Potencia del motor eléctrico de tracción en acelerar el vehículo.

La fórmula aplicar es:

$$P_t = \frac{\delta M_v}{2t_a} (V_f^2 + V_b^2) + \frac{2}{3} M_v g f_r V_f + \frac{1}{5} \rho_a C_D A_f V_f^3,$$

Ecuación 27

Donde:

$$\delta = 1,041$$

$$m = 30000 \text{ Kg}$$

$$t_a = 30 \text{ s}$$

$$V_f = 90 \text{ Km/h} = 25 \text{ m/s}$$

$$V_b = 0 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$f_r = 0.012;$$

$$\rho_a = 1,225 \text{ Kg/m}^3$$

$$C_D = 0,8$$

$$A_f = 8,28 \text{ m}^2$$

Por tanto:

$$P_t = 409\,697,67 \text{ W} = 549,2 \text{ hp}$$

3.6.2. Potencia requerida para superar la pendiente

La fórmula aplicar es:

$$P = (mg_f \cos \alpha + \frac{1}{2} \rho_a C_x A_f V^2 + mg \sin \alpha) V$$

Ecuación 28

Dónde:

$$\alpha = 15 \% = 0,1489^\circ$$

$$V = 10 \text{ km/h} = 2,77 \text{ m/s}$$

Por tanto:

$$P = 130\,689,08 \text{ W} = 175 \text{ hp}$$

3.6.3. Potencia para alcanzar la velocidad máxima

La fórmula aplicar es:

$$P = (mg_f \cos \alpha + \frac{1}{2} \rho_a C_x A_f V_{\max}^2) V_{\max}$$

Ecuación 29

Donde.

$$V_{\max} = 90 \text{ Km}$$

$$P = 151\,741,17 \text{ W} = 203,4 \text{ hp}$$

Por tanto se toma el mayor requerimiento energético ya que de esta manera cubrirá las demás demandas. La potencia del motor eléctrico será de 549,2 hp el encontrado en el mercado es un NEMA W22 (anexos) con 600 hp.

3.6.4. Potencia del motor de combustión interna

La fórmula aplicar es:

$$P_{\text{MCI}/G} = \frac{V}{\eta_t \eta_{\text{ME}}} (mg_f + \frac{1}{2} \rho_a C_x A_f V^2)$$

Ecuación 30

Donde:

$$\eta_t = 0,85$$

$$\eta_{\text{ME}} = 0,9$$

$$V = 25 \text{ m/s}$$

$$m = 30000 \text{ Kg}$$

$$V_f = 90 \text{ Km/h} = 25 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$f_r = 0.012;$$

$$\rho_a = 1,225 \text{ Kg/m}^3$$

$$C_x = 0,8$$

$$A_f = 8,28 \text{ m}^2$$

$$\text{PMCIA/G} = 198\,354,47 \text{ W} = 265 \text{ hp}$$

El motor escogido es un Cummings de 300 hp (anexos).

Se ha decidido sobredimensionar por dos razones la primera es que en el mercado no se encuentran los motores con la potencia calculada, y la segunda es para cubrir la demanda energética principalmente la compactadora de basura además de los sistemas auxiliares como aire acondicionado, alumbrado, etc.

3.7. Estimación de la Energía Requerida

Bajo los requerimientos del vehículo recolector de basura ya calculados en base al sistema de transmisión de potencia, debe ahora calcularse ahora la energía necesaria para moverse en modo eléctrico durante seis horas ya que será el tiempo en recoger la basura en la zona urbana, terminado esto se pasará al modo híbrido para desechar la basura hasta dirigirse al vertedero que se encuentra en la parte rural de la provincia.

El cálculo de la energía se realiza mediante la integración de los valores de potencia a través del tiempo, por lo que se realiza mediante el uso de integrales, además de se lo hace en función de los ciclos de conducción para facilitar esto se ha recurrido al programa Matlab y a su herramienta simulink para encontrar estos valores.

3.8. Simulación para el ciclo FTP-75

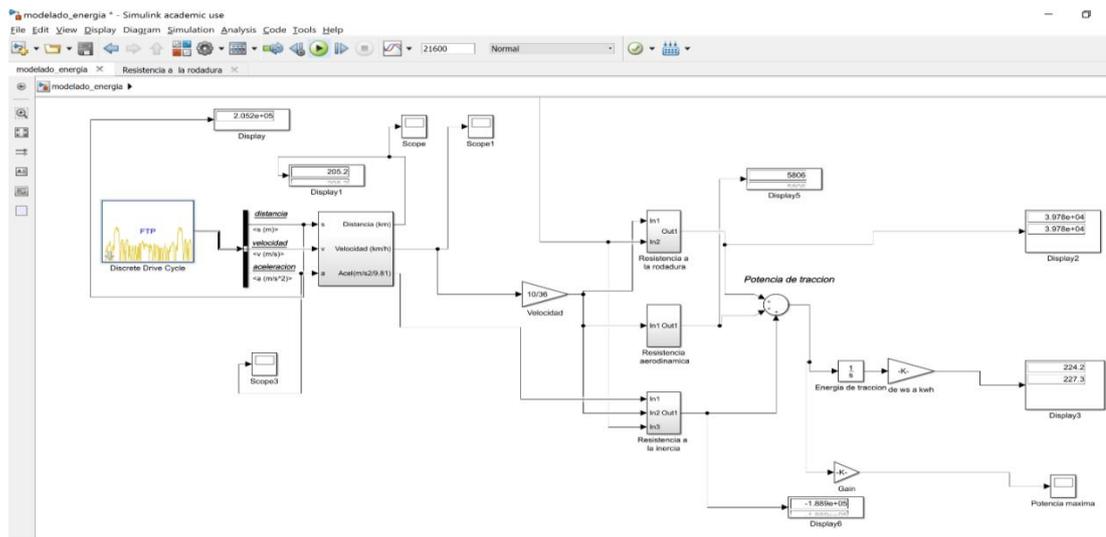


Figura 32: Simulación para el ciclo FTP-75

Fuente: Autor

Para ciclo FTP-75 se necesitará una energía de 227,3 kwh en las seis horas en modo eléctrico.

3.9. Simulación para el ciclo NEDC

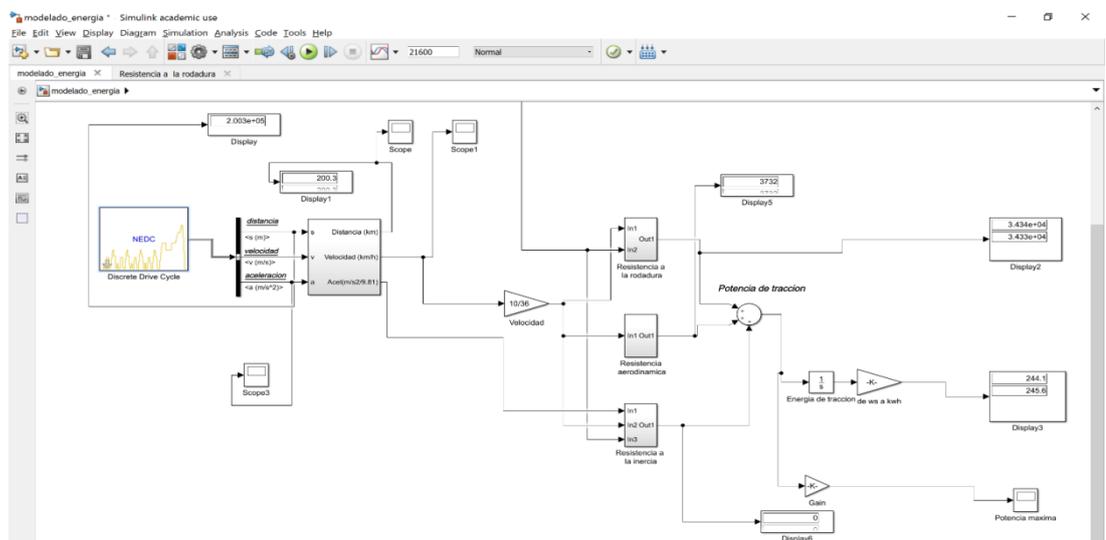


Figura 33: Simulación para el ciclo NEDC

Fuente: Autor

Para ciclo NEDC se necesitará una energía de 245,6 kwh en las seis horas en modo eléctrico

3.10. Simulación para el ciclo EUDC

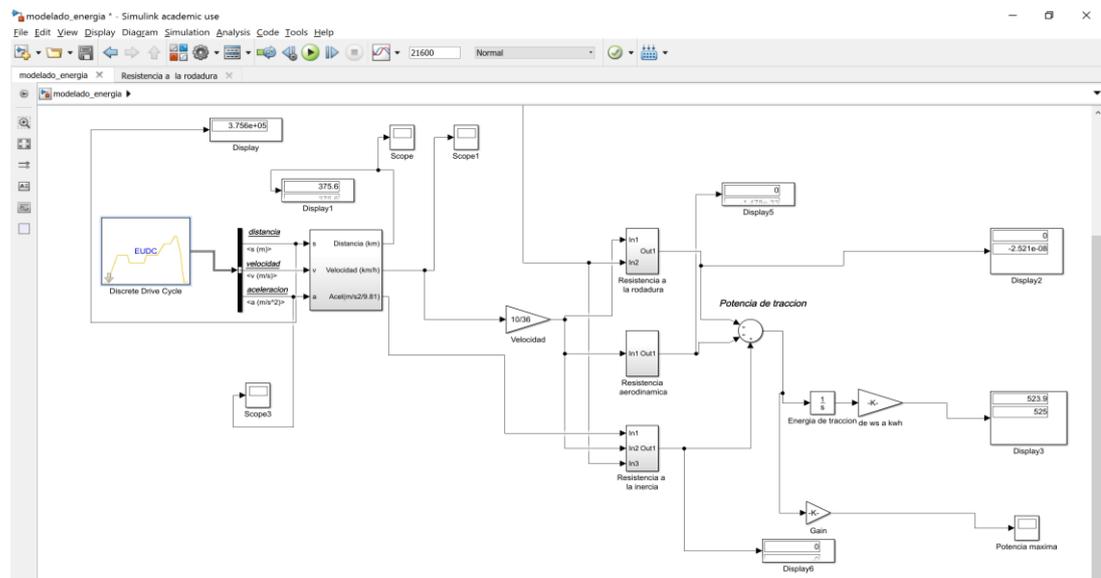


Figura 34: Simulación para el ciclo EUDC

Fuente: Autor

Para ciclo EUDC se necesitará una energía de 525 kwh en las seis horas en modo eléctrico.

3.11. Simulación en el ciclo ECE R15

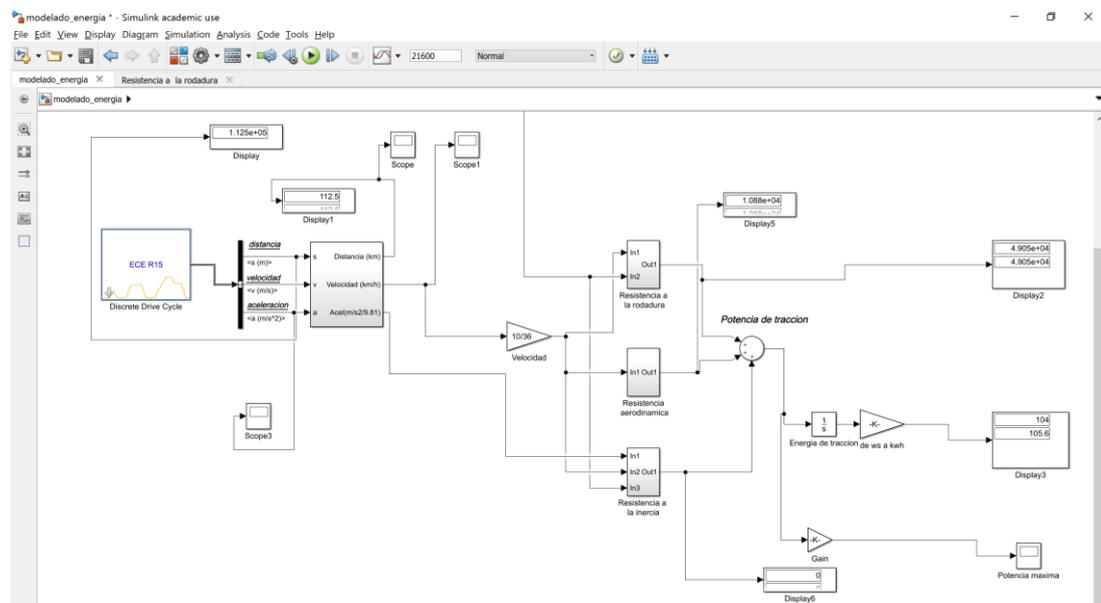


Figura 35: Simulación en el ciclo ECE R15

Fuente: Autor

Para ciclo ECE R15 se necesitará una energía de 105,6 kwh en las seis horas en modo eléctrico

3.12. Simulación en el ciclo ArtUrban

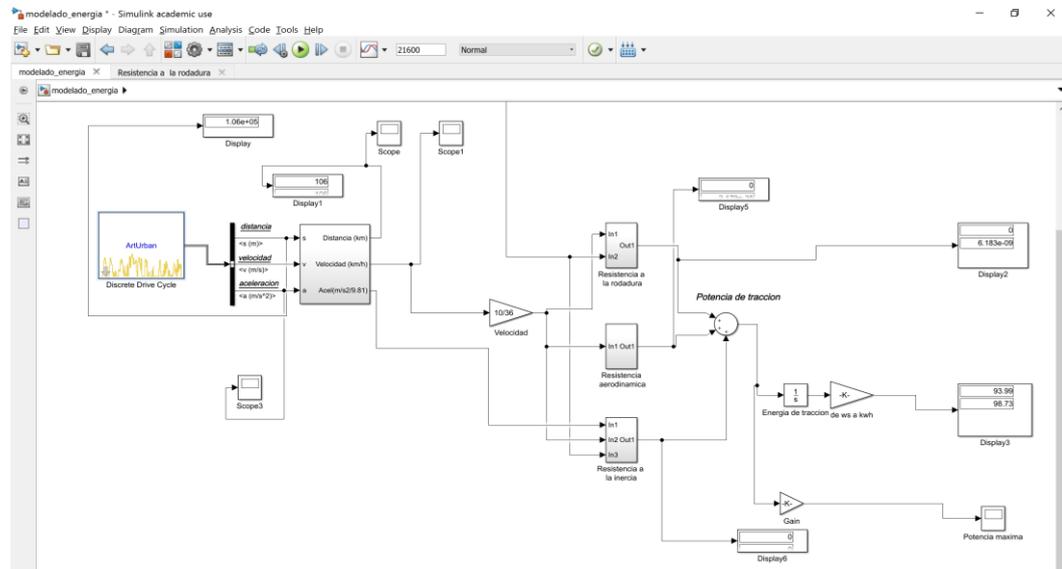


Figura 36.- Simulación en el ciclo ArtUrban
Fuente: Autor

Para ciclo ArtUrban se necesitará una energía de 98,73 kwh en las seis horas en modo eléctrico.

3.13. Simulación en el ciclo ArtMw 130

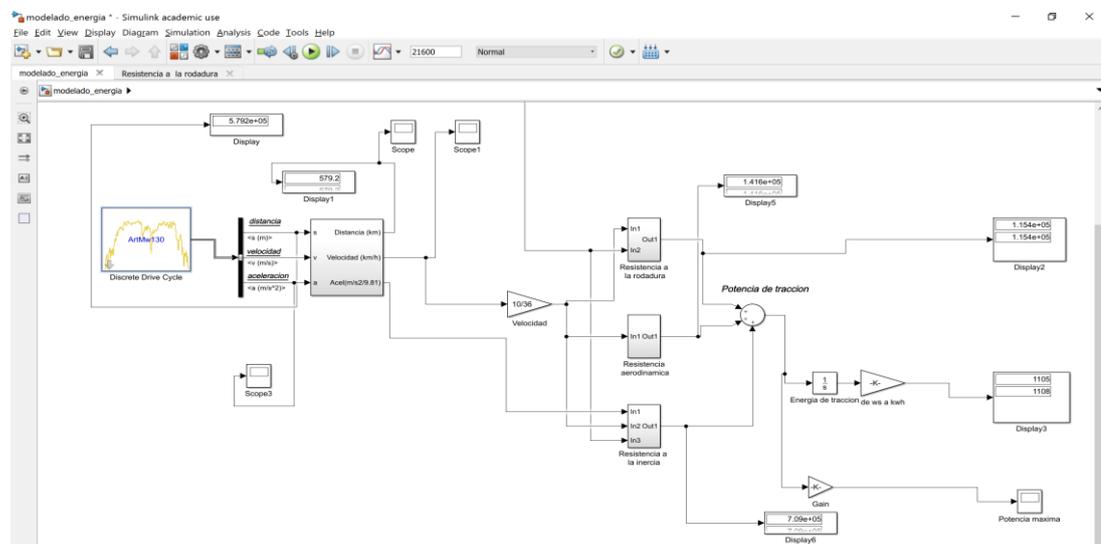


Figura 37: Simulación en el ciclo ArtUrban
Fuente: Autor

Para ciclo ArtMw 130 se necesitará una energía de 1108 kwh en las seis horas en modo eléctrico.

3.14. Simulación en el ciclo WLTP clase 3

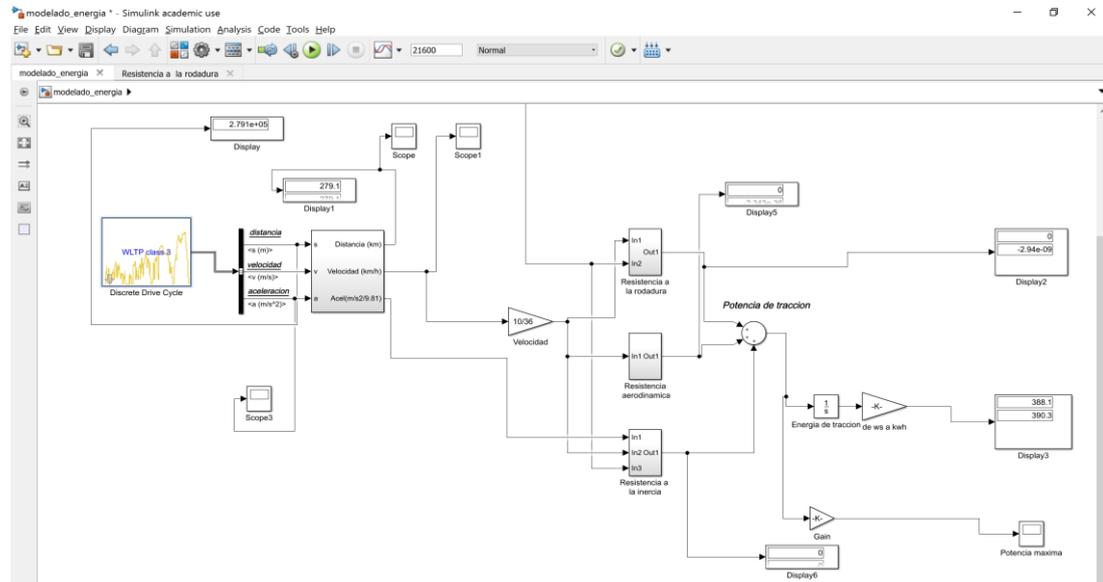


Figura 38: Simulación en el ciclo WLTP clase 3

Fuente: Autor

3.15. Dimensionamiento de las baterías.

En función de los ciclos simulados y a los requerimientos energéticos, los ciclos más acordes a la necesidad serían los ArtUrban y ECE R15 ya que el camión de recolección de residuos estará funcionando en la ciudad de Santo Domingo donde las velocidades no son muy altas, por tanto existe menor consumo de energía con respecto a los otros ciclos que toman en cuenta la zona urbana.

Las baterías deben ser capaces de suministrar potencia suficiente al motor de tracción en cualquier momento. Al mismo tiempo deben almacenar suficiente energía para evitar la falta de suministro de potencia debido a una descarga demasiado profunda.

3.15.1. Calculo de la Potencia de Batería.

Para aprovechar al máximo la capacidad de potencia del motor eléctrico y la potencia del Motor-generator, las baterías deben tener una mayor o igual potencia nominal que la del motor eléctrico. Así, la capacidad de la batería se puede calcular como:

$$P_{pps} \geq \frac{P_{m,max}}{\eta_m} - P_{e/g'}$$

Ecuación 31

Donde $P_{m, max}$ es la potencia nominal máxima del motor, η_m es la eficiencia del motor eléctrico, y $P_{e/g'}$ es la potencia del de motor-generator.

El motor eléctrico tiene una potencia de 600 hp y una eficiencia al 50% de su carga de 95,4%, mientras que la potencia del motor de combustión-generator deberá tener una potencia de 300 hp. Por lo que la potencia de la batería :

$$P_{pps} \geq \frac{600 \text{ hp}}{0,954} - 300 \text{ hp}$$

$$P_{pps} \geq 328,93 \text{ hp} = 245,26 \text{ kW}$$

3.16. Calculo de la energía

En algunas condiciones de conducción, una frecuente aceleración o desaceleración de la conducción resultaría en un SOC bajo en las baterías perdiendo así su poder de entrega. Con el fin de determinar adecuadamente la capacidad energética del sistema de almacenamiento, la energía consumida debe conocerse en las baterías en algunos ciclos de accionamiento típicos ya simulados anteriormente. La energía total consumida en las baterías se pueden expresar como:

$$\Delta E = \int_0^T P_{pps} dt,$$

Ecuación 32

De las simulaciones ya hechas anteriormente la energía necesaria para los ciclos escogidos serian:

ECE R15 se necesitará una energía de 105,6 kwh

ArtUrban se necesitará una energía de 98,73 kwh

El cálculo lo haremos con el ciclo más desfavorable por tanto será igual a 105,6 Kwh más un 40 % para protección de la batería y el consumo de los auxiliares.

Energía Total = $105,6 \text{ kwh} + 0,4 \cdot 105,6 \text{ kwh} = 147,84 \text{ kwh}$

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Potencia del motor eléctrico

Para aprovechar al máximo la capacidad de potencia del motor eléctrico y la potencia del Motor-generator, las baterías deben tener una mayor o igual potencia nominal que la del motor eléctrico. Así, la capacidad de la batería se puede calcular como:

$$P_{pps} \geq \frac{P_{m,max}}{\eta_m} - P_{e/g'}$$

Ecuación 31

Donde $P_{m, max}$ es la potencia nominal máxima del motor, η_m es la eficiencia del motor eléctrico, y $P_{e/g'}$ es la potencia del de motor-generator.

El motor eléctrico tiene una potencia de 600 hp y una eficiencia al 50% de su carga de 95,4%, mientras que la potencia del motor de combustión-generator deberá tener una potencia de 300 hp. Por lo que la potencia de la batería :

$$P_{pps} \geq \frac{600 \text{ hp}}{0,954} - 300 \text{ hp}$$

$$P_{pps} \geq 328,93 \text{ hp} = 245,26 \text{ kW}$$

4.2. Calculo de la energía

En algunas condiciones de conducción, una frecuente aceleración o desaceleración de la conducción resultaría en un SOC bajo en las baterías perdiendo así su poder de entrega. Con el fin de determinar adecuadamente la capacidad energética del sistema de almacenamiento, la energía consumida debe conocerse en las baterías en algunos ciclos de accionamiento típicos ya simulados anteriormente. La energía total consumida en las baterías se pueden expresar como:

$$\Delta E = \int_0^T P_{pps} dt.$$

Ecuación 32

De las simulaciones ya hechas anteriormente la energía necesaria para los ciclos escogidos serian:

- ECE R15 se necesitará una energía de 105,6 kwh
- ArtUrban se necesitará una energía de 98,73 kwh

El cálculo lo haremos con el ciclo más desfavorable por tanto será igual a 105,6 Kwh más un 40 % para protección de la batería y el consumo de los auxiliares.

$$\text{Energía Total} = 105,6 \text{ kwh} + 0,4 \cdot 105,6 \text{ kwh} = 147,84 \text{ kwh}$$

Conclusiones

Vistos los resultados se establecerá la aceleración de 0 a 90 km/h en 30 segundos como situación más desfavorable. Por tanto, se necesitará una potencia de 549,2 hp.

Se observa que la potencia máxima requerida en el ciclo es de 340 CV, por lo que la primera condición impondrá el valor de potencia máxima del motor eléctrico de tracción.

En cuanto a la energía embarcada en el vehículo, se estima que en una jornada de 6 horas de autonomía del vehículo por lo que planta para el vaciado de residuos en este trayecto por lo que queda con un factor de seguridad alto para no perder la energía de las baterías. En los trayectos donde se encontrara el vehículo en la zona urbana de la provincia el motor de combustión cargaría las baterías de nuevo.

En los motores eléctricos el par es una función bastante simple del régimen de giro. En la mayoría de los casos, a bajas velocidades el par máximo es constante, hasta que se alcanza el valor crítico o velocidad base, a partir del mismo el par cae.

REFERENCIAS

- Acosta Jiménez J. E. (2013). Estudio del sistema híbrido, diseño, construcción e implementación de un modelo de conexión de fuerzas propulsoras de transmisión por medio de engranajes planetarios. Tesis de grado, Universidad Internacional del Ecuador, Quito.
- Aficionados a la Mecánica. (2014). Toyota Prius Híbrido. Recuperado el 10 de Septiembre de 2016, de Vehículos híbridos: <http://www.aficionadosalamecanica.net/hibridos-prius.htm>
- Alonso, A. A., & Hurtado, J. I. L. (2004). Nuevos desarrollos en automoción y transporte (IV/IV) 4ª parte: los vehículos híbridos. Situación actual y evolución previsible. In Anales de mecánica y electricidad (Vol. 81, No. 2, pp. 6-12). Asociación de Ingenieros del ICAI.
- Alonso, P. J. (2009). Técnicas del automóvil: Motores. Madrid: Paraninfo.
- Araujo Asang, E. (2015). Estudio y análisis del sistema de freno regenerativo del vehículo híbrido Toyota Prius. Tesis de grado, Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil.
- AutoAvance. (Febrero de 2015). Curso de diagnóstico electrónico. Vehículos Híbridos. Recuperado el 3 de Septiembre de 2016
- Barros, C. (2015). Estudio y Análisis de la Operación del Inversor del Vehículo Híbrido Toyota Prius A. (Tesis inédita de grado). Universidad Internacional del Ecuador Guayaquil, Ecuador.
- Benavides, I. B., & Murillo, C. W. (2012). Elaboración de un módulo didáctico para la enseñanza del funcionamiento del motor térmico de ciclo atkinson del vehículo Toyota Prius. Ibarra, 2012.
- Calle, F.J. (2012). Evaluación técnica del desempeño y prestaciones del vehículo TOYOTA PRIUS III generación en la ciudad de Cuenca. Tesis de grado, Universidad del Azuay, Cuenca.
- Cañarte Casal, C. A. (2016). Estudio de las curvas características de motor del vehículo híbrido Toyota Prius año 2010. Guayaquil, 2016.
- Carreño Duque L, Moreno Quevedo F, Quintana Gómez D, Gordillo E & Suarez J. (2012). Mantenimiento mecatrónico de automotores, SENA CTT (centro de tecnología y transporte), Bogotá D.C

- Cise Electronics Corp. (2009). Lección 1 INTRODUCCION AL SISTEMA HIBRIDO. SISTEMAS HIBRIDOS. Recuperado el 24 de Septiembre de 2016
- Cise Electronics Corp. (2009). Lección 2 ESTUDIO DEL SISTEMA HIBRIDO CONJUNTO MOTRIZ. SISTEMAS HIBRIDOS. Recuperado el 25 de Septiembre de 2016
- Cise Electronics Corp. (2009). Lección 4 OPERACION DEL SISTEMA INVERSOR. SISTEMAS HIBRIDOS. Recuperado el 25 de Septiembre de 2016
- David G. Morrison. (2010). Hybrid vehicles Drive New Demands for Power Electronics Expertise. Editor, How to Power Today, Enero 2010.
- Delgado, F. (2013). Diseño y Aplicación de un Protocolo de Mantenimiento, diagnóstico y reparación del sistema de baterías de vehículos híbridos. Latacunga ESPE
- Francisco Xavier Castillo Mondragón & Andrés Alejandro Torres Brito. (2011). Análisis de rendimiento, consumo y emisiones generados por los vehículos híbridos. Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas del Ecuador, Latacunga.
- Hsu, J. (2005). Report on Toyota Prius Motor Thermal Management. doi:10.2172/885987
- La Carestía, D. L. C. (2012). Dos fuentes de energía.
- Mora Martín, A. (2015). Estudio para la reutilización de baterías de coches eléctricos en segunda vida para nuevas funciones. Tesis de grado, UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA, Barcelona.
- Mora Romero, M. A. (2015). Estudio y análisis del motor de combustión interna del vehículo híbrido Toyota PRIUS modelo A. Tesis de grado, Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil.
- Pauta, E (2014). Estudio y descripción del Inversor y Motor Generador posterior MGR del Toyota Highlander 2010. (Tesis inédita de grado). Universidad del Azuay, Ecuador.

ANEXOS

Anexo A. Motor de Tracción

W22 NEMA Premium Efficiency 600 HP 6P 588/9T 3F 460 V 60 Hz IC411 - TEFC - Con pies

Código: 12011329 | Número del Catálogo: 60012ET3G588/9-W22



Con carcasa de hierro fundido, flexibilidad de forma constructiva, patas macizas de apoyos y niveles de ruido y temperatura de operación reducidos, los motores W22 son perfectamente adecuados para las más diversas aplicaciones industriales. Cumple el nivel de eficiencia NEMA Premium y tiene certificado CSA para División 2 en la placa de identificación.

Resumen de las características técnicas

Norma	NEMA MG-1	Potencia	600 HP
Frecuencia	60 Hz	Fijación	Con pies
Tensión	460 V	Brida	Sin
Numero de polos	6	Forma constructiva	F-1
Grado de protección	IP55	Caja de conexión ¹	Posición izquierda
Rotación sincrónica	1200 rpm	Refrigeración	IC411 - TEFC

DETALLES DEL PRODUCTO

[DATOS TÉCNICOS](#) [CURVAS DE DESEMPEÑO](#) [DIBUJO DIMENSIONAL](#)

[GENERAR DOCUMENTOS](#)

Motores Eléctricos

Carcasa	588/9T	Corriente en vacío	330 A	Método de partida	Partida directa
Potencia	600 HP (440 kW)	Torque nominal	2610 ft.lb	Temperatura ambiente	-20°C hasta 40°C
Numero de polos	6	Torque de arranque	220 %	Altitud	1000 m
Frecuencia	60 Hz	Torque máximo	229 %	Grado de protección	IP55
Rotación nominal	1190 rpm	Tiempo de rotor bloqueado	55s (frio) 31s (caliente)	Refrigeración	IC411 - TEFC
Resbalamiento	0.83 %	Momento de inercia (J)	449 sq.ft.lb	Forma constructiva	F-1
Tensión nominal	460 V	Clase de aislamiento	F	Dirección de rotación ¹	Ambos
Corriente nominal	743 A	Factor de servicio	1.00	Nivel de Ruido ²	77.0 dB(A)
Corriente de arranque	4830 A	Elevación de temperatura	80 K	Masa aproximada ³	5828 lb
Ip/In	6.5x(Cód. H)	Ciclo de servicio	Cont.(S1)		

(1) Mirando la punta delantera del eje del motor; (2) Medido a 1m y con tolerancia de +3dB(A); (3) Masa aproximada sujetos a cambios después del proceso de fabricación.; (4) At 100% of full load.

Eficiencia

50%	75%	100%
95.4	96.1	96.2

Factor de potencia

50%	75%	100%
0.63	0.74	0.79

Anexo B. Motor de Combustión Generador



Ficha técnica

Especificaciones

Caballos de fuerza anunciado	260-350 hp 194-260 kW
Par máximo	660-1000 lb-ft 895-1356 N • m
Velocidad de mando	2200 rpm
Embragamiento torque	500 libras-pie 678 N • m
Número de cilindros	6
Capacidad del sistema de aceite	23,8 litros
Peso del sistema	829 kg
Motor (seco)	739 kg

Mantenimiento	Kilómetros	Horas	Meses
Aceite y Filtros	24,000 km	500	6
Filtro de combustible Primario	24,000 km	500	6
Filtro de Combustible Secundario	48,000 km	1000	12
Ajuste General	241,500 km	5,000	48
Cambio de Refrigerante	96,000 km	2000	24
Coalescing Filtro	Cada 3 o 4 cambios de Aceite		
DEF Filtro	320,000 km		
Filtro de Partículas	320,000 – 640,000 km		

Anexo C. Baterías de Litio

