



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Determinación de la rentabilidad de un vehículo híbrido Toyota  
Yaris en la ruta Jaén - Aeropuerto Shumba**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Cruz Facundo, Franklin (ORCID: 0000-0002-3215-2493)

**ASESOR:**

Dr. Carranza Montenegro, Daniel (ORCID: 0000-000-1-6743-6915)

**LÍNEA DE INVESTIGACION:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

CHICLAYO - PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: Aureliano y Rosa, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradezco a mis docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Cesar Vallejo Chiclayo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, a mis asesores de mi proyecto de investigación quienes me han guiado con su paciencia, y su rectitud como docentes.

**El autor**

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
índice de tablas .....	vi
índice de gráficos y figuras.....	vii
Índice de abreviaturas .....	ix
Resumen.....	x
Abstracts .....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y Diseño de Investigación. ....	12
3.2. Variables y operacionalización:.....	12
3.3. Población, Muestra y muestreo.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5. Procedimientos .....	13
3.6. Método de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos .....	13
IV. RESULTADOS.....	14
4.1. Realizar un diagnóstico de la situación actual en cuanto al aspecto técnico y económico de las unidades convencionales dedicadas al transporte público de pasajeros. ....	14
4.2. Determinar la funcionalidad del vehículo híbrido, en cuanto al flujo de energía mecánica y eléctrica, en el recorrido Aeropuerto – Ciudad de Jaén. ....	28
4.3. Analizar las variables de funcionamiento del motor de combustión interna y del motor eléctrico, para determinar el consumo específico de combustible del vehículo híbrido.....	38

4.4. Determinar la rentabilidad económica de los vehículos híbridos para el transporte público, utilizando indicadores tales como VAN, TIR, relación beneficio – costo.45

V. DISCUSIÓN.....	52
VI. CONCLUSIONES.....	54
VII. RECOMENDACIONES .....	55
REFERENCIAS.....	56
ANEXOS .....	61

Anexo 1: Declaratoria de autenticidad (Autores).

Anexo 2: Declaratoria de autenticidad (Asesor).

Anexo 3: Matriz de operacionalización de variables.

Anexo 4: Instrumento de recolección de datos.

## índice de tablas

Tabla 1. Evolución de parque automotor nacional, regional y de la ciudad de Jaén.	15
Tabla 2. Distribución por tipo de unidad Jaén 2018 .....	16
Tabla 3. Camionetas Rurales para transporte interprovincial en Jaén. ....	17
Tabla 4. Unidades para Transporte de Pasajeros en rutas de Jaén. ....	18
Tabla 5. Unidades para el Transporte de Pasajeros Jaén – Distritos, por tipo de unidad. ....	19
Tabla 6. Consumo de combustible Diesel Camioneta Rural (Cilindrada 2500 cc). ...	21
Tabla 7. Consumo de combustible Gasohol Automóvil (Cilindrada 1500 cc .....	22
Tabla 8. Mantenimiento preventivo reportado a empresa concesionaria automotriz – Jaén .....	24
Tabla 9. Mantenimiento preventivo reportado a empresa concesionaria automotriz – Jaén. ....	25
Tabla 10. Costos de combustible Gasohol Cilindrada 1500cc. ....	26
Tabla 11. Modos de Operación Vehículo Híbrido Toyota Yaris 2019.....	33
Tabla 12. Registro de tiempo de funcionamiento de Motores en Vehículo Híbrido. ..	34
Tabla 13. Registro del porcentaje del tiempo de funcionamiento de Motores en Vehículo Híbrido.....	37
Tabla 14. Parámetros de Generador Eléctrico de Vehículo Híbrido.....	39
Tabla 15. Calculo del Consumo específico de combustible. ....	43
Tabla 16. Costos de Combustible en Vehículo Híbrido. ....	46
Tabla 17. Costos de Mantenimiento.....	47
Tabla 18. Proyección de Ingresos Mensuales.....	47
Tabla 19. Flujo de Caja de Inversión.....	48
Tabla 20. Cálculo del Valor Actual Neto.....	49
Tabla 21. Tasa Interna de Retorno.....	51

## índice de gráficos y figuras

Figura 1. Configuraciones de Vehículo híbrido.....	6
Figura 2. Energía en un vehículo híbrido. ....	7
Figura 3. Curvas Características del Motor de Combustión Interna. ....	8
Figura 4. Conjunto Móvil del Motor de combustión interna. ....	9
Figura 5. Indicadores Económicos. ....	11
Figura 6. Evolución del Número de Unidades del Parque Automotor de la Ciudad de Jaén, 2007-2018. ....	15
Figura 7. Distribución por tipo de unidad Jaén 2018. ....	16
Figura 8. Camionetas Rurales (Combi) Transporte Interprovincial.....	17
Figura 9. Unidades para Transporte de Pasajeros en rutas de Jaén. ....	19
Figura 10. Consumo específico de combustible Diesel Camioneta Rural Cilindrada 2500CC, en Km/Galón. ....	22
Figura 11. Consumo de combustible Gasohol Automóvil Cilindrada 1500 cc, en Km/Galón. ....	23
Figura 12. % de Costos de combustible Diesel en Rentabilidad de Camioneta Rural Cilindrada 2500cc.....	26
Figura 13. % de Costos de combustible Gasohol en Rentabilidad de Automóvil 1500cc.....	27
Figura 14. Configuración mixta de vehículo híbrido Toyota Yais 2019.....	31
Figura 15. Tiempo de funcionamiento de motor de combustión interna y motor eléctrico Vehículo 1'2.....	35
Figura 16. Tiempo de funcionamiento de motor de combustión interna y motor eléctrico Vehículo 2.....	35
Figura 17. Tiempo de funcionamiento de motor de combustión interna y motor eléctrico Vehículo 3.....	36
Figura 18. Tiempo de funcionamiento de motor de combustión interna y motor eléctrico Vehículo 4.....	36

Figura 19. Intensidad de corriente eléctrica de generador de vehículo híbrido a diferentes condiciones de funcionamiento. ....	40
Figura 20. Potencia eléctrica de generador de vehículo híbrido a diferentes condiciones de funcionamiento. ....	41
Figura 21. Consumo específico de combustible de vehículos Híbridos. ....	44

## Índice de abreviaturas

cc	:	Centímetros Cúbicos.
P	:	Potencia Mecánica
T	:	Par motor
$\omega$ :	:	Velocidad Angular
Pr	:	Presión de la combustión
F	:	Fuerza del pistón en su carrera descendente
D	:	Diámetro del pistón
RPM	:	Revoluciones por minuto del motor.
R	:	Radio de giro del cigüeñal.
Pe	:	Potencia Eléctrica, en Watt.
V	:	Diferencia de tensión
I	:	Intensidad de corriente eléctrica
$\cos\theta$ :	:	Factor de potencia.
F	:	Frecuencia Eléctrica
P	:	Número de par de polos del motor.
HC	:	Hidrocarburos no Quemados.
CO	:	Monóxido de carbono.
C(km)	:	Costo del combustible
Cecp	:	Consumo específico de combustible promedio.
Cg	:	Costo de un galón de gasohol 95 Octanos.
VAN	:	Valor Actual Neto
TIR	:	Tasa Interna de Retorno

## Resumen

En la presente investigación denominada “DETERMINACIÓN DE LA RENTABILIDAD DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA YARIS EN LA RUTA JAÉN - AEROPUERTO SHUMBA” está enmarcada dentro del sector automotriz, que es una de las principales actividades económicas de la ciudad de Jaén, en el cual se determinó la rentabilidad del uso de un vehículo híbrido para el uso de transporte público, específicamente en la ruta del aeropuerto hacia las diferentes localidades de la ciudad de Jaén.

El procedimiento para determinar la rentabilidad del vehículo híbrido Toyota yaris, se realizaron las mediciones de consumo de combustible a diferentes condiciones de operación, estableciendo los tiempos de funcionamiento de los motores de combustión interna y el motor eléctrico del vehículo híbrido en condiciones de funcionamiento a diferentes regímenes de velocidad, con lo cual se obtuvo el consumo específico de combustible.

La investigación se realizó con 4 objetivos específicos, los cuales tuvieron como resultado que es rentable la utilización del vehículo híbrido Toyota Yaris, en la ruta Jaén – Aeropuerto. En principio se realizó el diagnóstico de la situación actual en cuanto al aspecto técnico y económico de las unidades dedicadas al transporte público de pasajeros. Luego se determinó la funcionalidad del vehículo híbrido, en cuanto al flujo de energía mecánica y eléctrica, de acuerdo a las condiciones de los recorridos en la ciudad de Jaén. Además se hizo el análisis de las variables de funcionamiento del motor de combustión interna y del motor eléctrico, para determinar el consumo específico de combustible del vehículo híbrido, así como también a la planificación del mantenimiento.

Finalmente se determinó la rentabilidad económica de los vehículos híbridos para el transporte público, utilizando indicadores tales como VAN, TIR, relación beneficio – costo.

**Palabras Clave:** Vehículo Híbrido, Rentabilidad Económica, Consumo específico de combustible.

## Abstracts

In the present investigation called "DETERMINATION OF THE PROFITABILITY OF A HYBRID VEHICLE TOYOTA YARIS ON THE ROUTE JAÉN - AEROPUERTO SHUMBA" is framed within the automotive sector, which is one of the main economic activities of the city of Jaén, in which it was determined the profitability of using a hybrid vehicle for the use of public transport, specifically on the route from the airport to the different locations in the city of Jaén.

The procedure to determine the profitability of the Toyota yaris hybrid vehicle, measurements of fuel consumption were made at different operating conditions, establishing the operating times of the internal combustion engines and the electric motor of the hybrid vehicle under operating conditions at different speed regimes, whereby the specific fuel consumption was obtained.

The investigation was carried out with 4 specific objectives, which resulted in the use of the Toyota Yaris hybrid vehicle on the Jaén - Airport route being profitable. In principle, the diagnosis of the current situation regarding the technical and economic aspects of the units dedicated to public passenger transport was carried out. Then the functionality of the hybrid vehicle was determined, in terms of the flow of mechanical and electrical energy, according to the conditions of the tours in the city of Jaén. In addition, the analysis of the operating variables of the internal combustion engine and the electric motor was made to determine the specific fuel consumption of the hybrid vehicle, as well as maintenance planning.

Finally, the economic profitability of hybrid vehicles for public transport was determined, using indicators such as NPV, IRR, benefit-cost ratio.

**Keywords:** Hybrid Vehicle, Economic Profitability, Specific fuel consumption.

## **I. INTRODUCCIÓN.**

El transporte público en la ciudad de Jaén se realiza en vehículos livianos, trimóvil de pasajeros (Mototaxis) y motos lineales, hacia los diferentes lugares ubicados a distancias diferentes; el servicio de transporte desde el Aeropuerto hasta los hoteles y/o viviendas, se realiza en vehículos livianos con cilindrada entre 1000 y 1600 cc, sin embargo existe vehículos híbridos que se emplean también para el servicio de taxis, siendo éstos últimos, lo que recientemente ha sido incorporados al parque automotor de la región.

El alto costo de los vehículos híbridos, comparados con los vehículos convencionales, en aproximadamente 30 y 40%, es compensado con la disminución del costo del combustible; un vehículo híbrido tiene un consumo específico de combustible entre el 20 y 40% comparado con el de un vehículo convencional; es por ello que en el presente proyecto de investigación se realiza el estudio de la rentabilidad económica de éstas unidades para el servicio de taxi.

Los ingresos económicos del servicio de taxi, tiene muchos factores, entre los cuales son la capacidad adquisitiva del cliente, la hora de funcionamiento, la distancia recorrida, la carga del pasajero, el costo actual del combustible, impuestos en el aeropuerto, estado del tráfico, entre otras; por lo cual éstos ingresos tienen que en el transcurso del tiempo de vida de la unidad, garantizar el pago de adquisición de la unidad, los costos de mantenimiento y los consumos de combustible.

Los costos operativos por el costo del combustible, constituye un porcentaje elevado, en los vehículos con motores de combustión interna, en muchos casos, entre el 40 y 60% de los costos operativos, lo que finalmente incide en la rentabilidad de las empresas y propietarios de los vehículos que son utilizados para el sector transporte. A ello se suma otros costos que son por mantenimiento y reposición, dichos costos en

algunos casos hacen inviable que se sostengan en el tiempo el uso de éstas unidades vehiculares. (Organización Latinoamericana de la Energía, 2016, p.8).

Esta situación también ocurre en otras ciudades del País, como el caso de Arequipa. En la ciudad de Arequipa, que es una de las que tiene mejor ordenado el sector del transporte público con el uso de vehículos livianos, la rentabilidad económica es variable, con ingresos netos para los propietarios y empresas de las unidades de 120 Soles al día, con dicho monto, se tiene que cubrir los costos del pago de la unidad vehicular, así como también los gastos de mantenimiento. Sin embargo ésta realidad no es la misma en otras ciudades del Perú, como es el caso de Trujillo y Chiclayo, en dónde existe una gran informalidad del sector, con ingresos que oscilan entre los 70 y 90 Soles al día de rentabilidad por vehículo, que muchas veces no cubre el pago de la adquisición de dicha unidad vehicular. (Boudet, 2016, p.11).

En el caso del uso de los vehículos livianos para el sector transporte en el Perú, el problema de rentabilidad económica llega a su punto crítico, debido a que las políticas implementadas por los gobiernos, y las ordenanzas municipales de las ciudades grandes como Lima, Arequipa, Trujillo y Chiclayo, tienen por objeto el ordenamiento del sector informal, siendo éste entre un 60% de unidades de transporte que no tienen toda la documentación que exige los estamentos gubernamentales. (ESAN, 2016, p.34).

**El problema de investigación se formula:** ¿Cómo determinar la rentabilidad de un vehículo híbrido Toyota Yaris en la Ruta Jaén – Aeropuerto Shumba”

**Justificación del estudio.** para el presente trabajo de investigación se consideraron las siguientes justificaciones

**Justificación económica,** debido a que los costos operativos por el uso de los vehículos que utilizan hidrocarburos como combustible, son elevados, disminuyendo las utilidades económicas para los propietarios y empresas de las unidades vehiculares livianas, sin embargo no se tiene estudios de rentabilidad económica si se

utilizan vehículos híbridos, dentro de un contexto de operación dentro de la ciudad de Jaén, en el cual tienen empresas concesionarias automotrices de venta de vehículo híbridos, con incentivos para la adquisición por parte de los transportistas de la ciudad. Así mismo se justifica el trabajo de investigación, porque el menor consumo específico de combustible de los vehículos híbridos comparados con los vehículos convencionales, está dentro de los límites máximos permisibles en cuanto a nivel de emisión de gases, como es del dióxido de carbono, que es el que tiene incidencia directa con el efecto invernadero.

**Justificación social** la investigación, porque al determinar la rentabilidad del uso de vehículo híbrido para la ruta aeropuerto y la ciudad, será atractivo su adquisición por los transportistas, que observarían como una alternativa de negocio con mayor rentabilidad, y por ende mejores condiciones de vida; por otro lado, los clientes del servicio, tendrían una tarifa óptima, con vehículos con tecnología moderna, con altos niveles de confort para el viaje.

**El objetivo general** de la investigación es determinar la rentabilidad de un vehículo híbrido Toyota yaris en la ruta Jaén - aeropuerto shumba, para lo cual se plantean cuatro objetivos específicos que son:

- Realizar un diagnóstico de la situación actual en cuanto al aspecto técnico y económico de las unidades dedicadas al transporte público de pasajeros.
- Determinar la funcionalidad del vehículo híbrido, en cuanto al flujo de energía mecánica y eléctrica, de acuerdo a las condiciones de los recorridos en la ciudad de Jaén.
- Analizar las variables de funcionamiento del motor de combustión interna y del motor eléctrico, para determinar el consumo específico de combustible del vehículo híbrido.

- Determinar la rentabilidad económica de los vehículos híbridos para el transporte público, utilizando indicadores tales como VAN, TIR, relación beneficio –costo.

**La Hipótesis** de la investigación se enuncia de la forma siguiente: “Es rentable el uso del vehículo híbrido Toyota yaris en la ruta Jaén Aeropuerto Shumba”

## **II. MARCO TEÓRICO**

En la ciudad de Jaén y en el Norte del Perú, no se tiene estudios relacionados a la utilización de vehículos híbridos para el sector público, debido a que éstas unidades están en proceso de adquisición, y resulta aún incierto si su uso es atractivo tanto para los transportistas como para los clientes; como antecedentes de estudios de rentabilidad económica de vehículos híbridos en otros lugares se tiene:

La tesis de grado denominado: “Estudio de Viabilidad en la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca”, presentado a la Universidad Politécnica Salesiana, menciona en sus conclusiones: En la ciudad de Cuenca, Ecuador, el uso de los vehículos híbridos responde a un plan estratégico, el cual determina la eficiencia energética del transporte, siendo muy amigable con el medio ambiente, aprovechando de manera eficiente, los recursos naturales con las que se cuenta en el país.

Se realizó un estudio del mercado y se obtuvo resultados de gran aceptación por parte de la población para el uso del vehículo híbrido (taxis y colectivos), atractivo para la adquisición de la unidad y la rentabilidad del uso.

Se estima que los vehículos híbridos sean en un 2% aproximadamente en la ciudad de Cuenca, distribuidos en flotas vehiculares, los cuales tendrán alta rentabilidad en el sector automotriz. (Torres, 2015, p.56).

Este trabajo de investigación, tiene aspectos parecidos en cuanto a la infraestructura que tiene la ciudad de Jaén, así como también en la cantidad de población.

El trabajo de investigación: “CONTROL OPTIMO DE LA ENERGIA EN UN VEHICULO HIBRIDO ELÉCTRICO EMPLEANDO REDES NEURONALES”, presentado a la Universidad Cesar Vallejo-Chiclayo, menciona en su resumen que se probó un sistema de la utilización de la energía para los vehículos híbridos eléctrica con un alto grado de eficiencia. El sistema propuesto está basado en la red neuronal, el cual tiene como variable dependiente la minimización del consumo de energía eléctrica de las baterías. El análisis d la red ha sido entrenada con el ingreso de datos los cules provienen de las condiciones de simulación a diferentes simulaciones.

El sistema está en condiciones de operar con fuentes diversas de energía, como son las celdas de combustible, las microturbinas, las baterías hechas de zinc y aire, u otra fuente de energía, como es el caso del freno regenerativo.

El vehículo en estudio utiliza para su funcionamiento baterías en base de plomo ácido, banco de ultra capacitores, además de un motor Brushless DC con una potencia nominal de 32 Kilowatt, y 53 Kilo Watt de potencia máxima. Se implementa un sistema de control denominado DSP, l cual mide y guarda los siguientes parámetros. Tensión de la fuente primaria, velocidad de desplazamiento del vehículo, intensidad de corriente en ambos terminales.

Se utiliza el nuevo sistema de manejo, el cual determina el uso de un tipo de energía, el cual incrementa la eficiencia en 8.9%. para la experimentación se utiliza una camioneta de marca Chevrolet Modelo LUV, siendo el lugar de investigación la Universidad Católica de Chile. (Dixón,, 2004, p.32),

La tesis de grado denominado: “ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN Y EL IMPACTO DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA ECONOMÍA EUROPEA” presentado a la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, de la Universidad Pontificia de

ICAI, Madrid, presenta en su resumen los distintos aspectos relativos al vehículo eléctrico así como sus beneficios a nivel global, es momento de analizarlo desde la perspectiva del propio consumidor. Es decir, a nivel microeconómico. Se analizará si se trata de una opción ventajosa frente al vehículo convencional en cuanto a costes. Para ello sin embargo, es necesario realizar diversas simplificaciones y suposiciones ya que el perfil del conductor (distancias recorridas, frecuencia de utilización entre otros) determinará en gran medida los costes en los que se incurren. Desde hace varios años, se vienen realizando trabajos sobre el coste total en la vida útil de un vehículo. En `Eficiencia energética en la automoción.

El vehículo eléctrico, un reto del presente, publicado en la Revista Economía Industrial, fruto de la colaboración del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y diversas Universidades se analizan los datos referidos a vehículos urbanos pequeños con diferentes fuentes de energía, estimando una vida útil de unos 12 años y considerando únicamente el coste de adquisición y carburante. La conclusión es que las tecnologías más ecológicas, en especial el vehículo eléctrico, son rentables a partir del sexto año de vida. (SANZ, 2015, p.67)

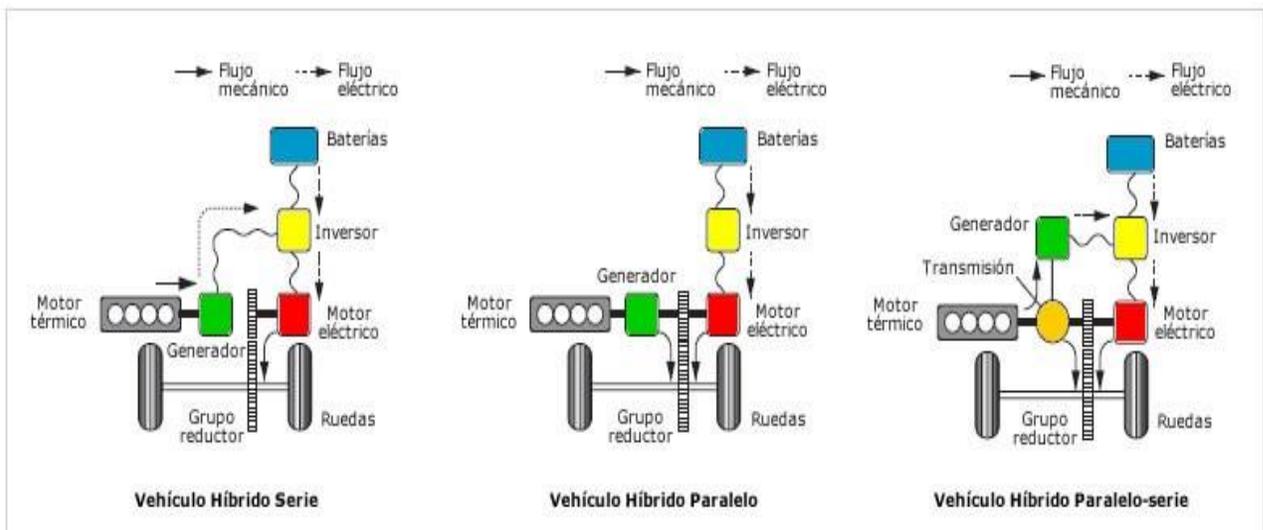


Figura 1. Configuraciones de Vehículo híbrido.

Fuente: SANZ, 2015

El vehículo híbrido es el cual utiliza dos motores para su funcionamiento, un motor de combustión interna, y un motor eléctrico. El motor de combustión interna, es el que genera energía mecánica el cual proviene de la combustión de un combustible. El combustible que utiliza es un hidrocarburo. El motor eléctrico es accionado por la batería. La carga de la batería lo realiza un generador de energía eléctrica, el cual es accionado por una transmisión automática del motor. (Rafael, 2014, p.76).

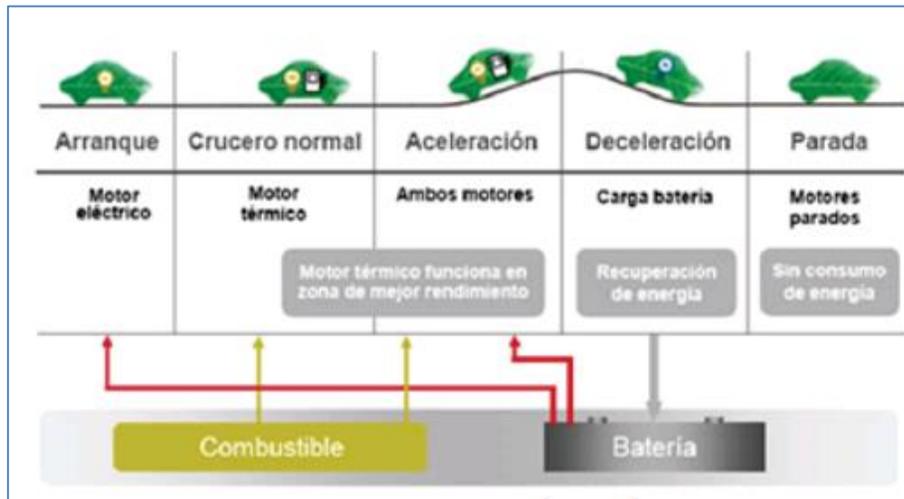


Figura 2. Energía en un vehículo híbrido.

Fuente: Rafael, 2014

La Potencia mecánica de los motores de combustión interna, se expresa:

$$P = T * \omega$$

Dónde:

P: Potencia Mecánica, en Watt.

T. Par motor, en N-m.

$\omega$ : Velocidad Angular, en rad/d.

La velocidad angular en términos de las revoluciones de giro del cigüeñal del motor se expresa:

$$\omega = \frac{2 * \pi * RPM}{60}$$

En la figura 3, se observa la tendencia de cada una de las variables del funcionamiento del motor de combustión interna, en función a la velocidad de giro del motor.

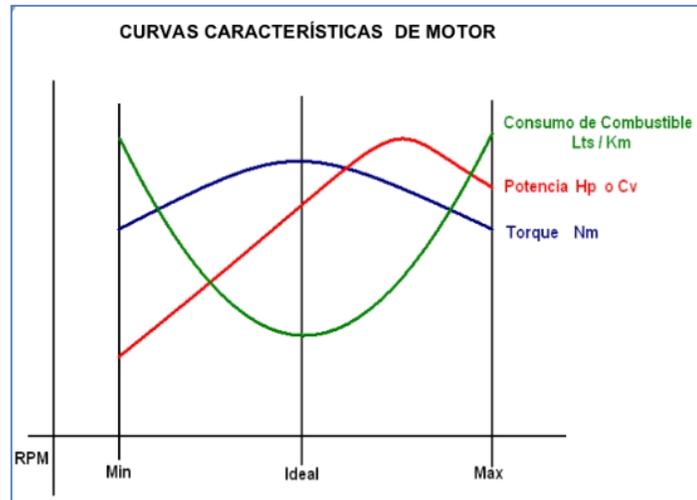


Figura 3. Curvas Características del Motor de Combustión Interna.

Fuente: BOSCH, 2017

El consumo de combustible disminuye a medida que el motor alcanza una velocidad ideal, y que es propio para cada tipo de motor, si supera dicho valor de velocidad el consumo de combustible por cada kilómetro recorrido se incrementa. En el caso del par motor o torque mecánico, a medida que el motor supera la velocidad de ralenti, se obtiene un valor de torque máximo, sin embargo cuando se supera el valor de la velocidad ideal, el torque empieza a decrecer. En cuanto a la potencia mecánica, éste tiene un valor mínimo a velocidad de ralenti, y llega a ser máximo a una velocidad de giro del cigüeñal superior a la velocidad en donde el torque es máximo, para luego decrecer. (Bosch, 2017, p.09).

La presión de combustión incide en la fuerza con el cual el pistón acciona al cigüeñal mediante la biela del motor. Esta fuerza se expresa de la forma:

$$Pr = \frac{4 * F}{\pi * D^2}$$

En dónde:

Pr: Presión de la combustión, en Pascal.

F: Fuerza del pistón en su carrera descendente, en Newton.

D: Diámetro del pistón, en metros.

En la figura 4, se muestra el conjunto móvil del motor, en el cual el movimiento alternativo del pistón se convierte en movimiento circular en el cigüeñal, la transformación de movimiento alternativo en movimiento circular lo realiza la biela. El recorrido del pistón es de una ubicación, denominado punto muerto superior (PMS), hasta el Punto Muerto Inferior (PMI), a la cual se denomina carrera del pistón (S). (Bosch, 2017, p.11).

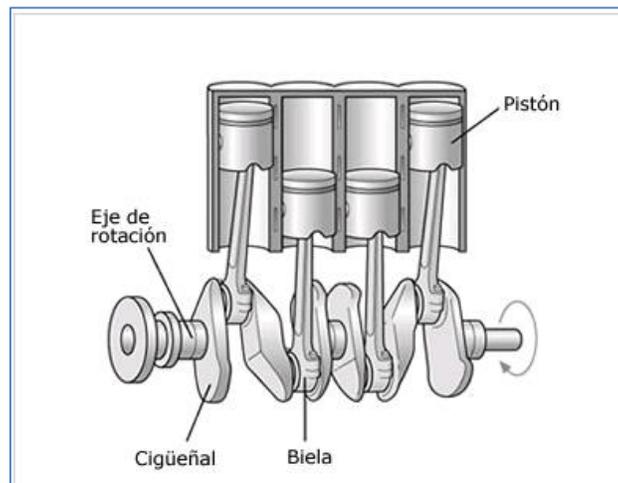


Figura 4. Conjunto Móvil del Motor de combustión interna.

Fuente: BOSCH, 2017

Por lo tanto, si se tiene en cuenta que el radio de giro del cigüeñal en el conjunto móvil es  $r$ , la potencia se expresa:

$$P = \frac{F * r * 2 * \pi * RPM}{60}$$

Dónde:

P: Potencia Mecánica, en Watt.

RPM: Revoluciones por minuto del motor.

r: Radio de giro del cigüeñal.

Luego, si se expresa, la fuera en términos de la presión de combustión, se tiene

$$P = \frac{Pr * D^2 * r * \pi^2 * RPM}{120}$$

Dónde.

P: Potencia Mecánica, en Watt.

D: Diámetro del cilindro, en metros.

R: Radio de giro del cigüeñal.

RPM: Revoluciones por minuto del motor.

Pr: Presión de la combustión, en Pascal.

Las máquinas eléctricas rotativas, dependiendo de la energía que transforman, se denominan Generadores eléctricos, si la energía mecánica es transformada en energía eléctrica, y se denomina motor eléctrico, si la energía eléctrica es transformada en energía mecánica. La potencia eléctrica, en un motor eléctrico, se expresa:

$$Pe = V * I * \text{Cos}\theta$$

Dónde:

Pe: Potencia Eléctrica, en Watt.

V: Diferencia de tensión, en Voltios.

I; Intensidad de corriente eléctrica, en amperios.

$\text{Cos}\theta$ : Factor de potencia.

La velocidad de giro de un motor eléctrico, está en función al número de polos con las que cuentan el motor, y se determina:

$$RPM = \frac{60 * f}{p}$$

Dónde:

f: Frecuencia Eléctrica, en Hertz.

p: Número de par de polos del motor.

La rentabilidad económica se determina con los indicadores económicos, los cuales indican la rentabilidad de la misma. Existen indicadores como es el valor actual neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), la relación beneficio – costo (B/C), los cuales se calculan dentro de un periodo de tiempo, denominado, tiempo de duración del proyecto. (Bargsted, 2014, p.21).

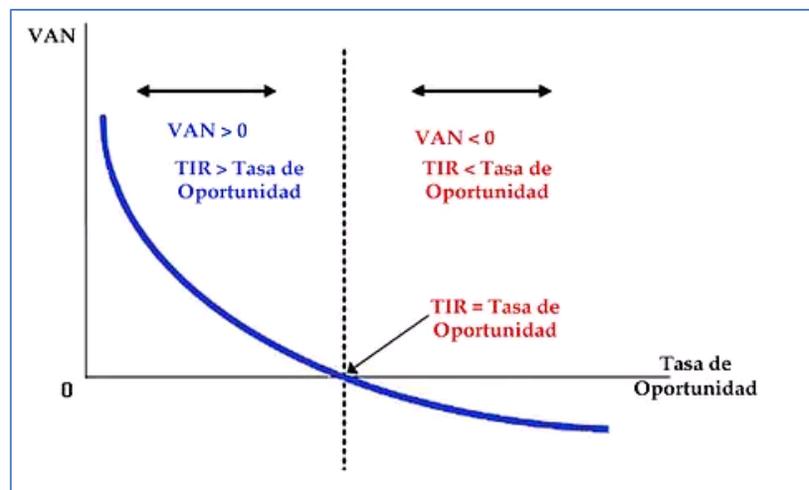


Figura 5. Indicadores Económicos.

Fuente: Bargsted, 2014

El valor actual neto, se determina actualizando todos los ingresos y egresos del proyecto, con una tasa de interés dada, siendo éste valor comparado con la inversión inicial del proyecto, siendo positivo si todos los ingresos y egresos actualizados superan a la inversión inicial, y negativo si es menor a la inversión inicial.

### III. METODOLOGÍA.

### **3.1. Tipo y Diseño de Investigación.**

**Tipo de Investigación:** Aplicada

Porque busca resolver el problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo científico.

**Diseño de la Investigación:** Diseño No experimental.

### **3.2. Variables y operacionalización:**

**Variable independiente:** Rentabilidad de un vehículo híbrido Toyota yaris

**Variable Dependiente:** Transporte Público de Pasajeros Jaén – Aeropuerto Shumba

En el Anexo 3 se muestra la operacionalización de las Variables.

### **3.3. Población, Muestra y muestreo.**

**Población:** La población estará conformada por los vehículos híbridos en la ciudad de Jaén

**Muestra:** Conformada por los vehículos híbridos que operan en la ruta Jaén – Aeropuerto, entre registrados y no registrados a la fecha, son 4.

**Muestreo:** Se utilizaron para el estudio, el análisis de rentabilidad para los 4 vehículos híbridos.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

En esta investigación se aplicaron las técnicas de recolección de datos: Guía de observación, análisis documental.

Guías de observación: para realizar la medición de los parámetros mecánicos, eléctricos, de consumo de combustible, ingresos económicos y tiempo de funcionamiento.

Análisis Documental. Reglamento Nacional de Vehículos, Normativa vigente de Transporte Público de Pasajeros, Teorías de Motores de Combustión Interna, Teoría de motores eléctricos, Análisis económico, Ley de la conservación de la energía.

### **3.5. Procedimientos**

El procedimiento para determinar la rentabilidad del vehículo híbrido Toyota yaris, en principio se realizaron las mediciones de consumo de combustible a diferentes condiciones de operación, estableciendo los tiempos de funcionamiento de los motores de combustión interna y el motor eléctrico del vehículo híbrido en condiciones de funcionamiento a diferentes regímenes de velocidad, con lo cual se obtuvo el consumo específico de combustible; este indicador es el que se utilizó en la comparación de rentabilidad económica con un vehículo convencional.

### **3.6. Método de análisis de datos.**

Los datos se analizan entre los tiempos de funcionamiento de los motores de combustión interna y motor eléctrico, utilizando las variables de flujo de energía mecánica, eléctrica y térmica; todos los datos de flujo de energía se relacionaron con los del consumo de energía; se utilizó la ley de la conservación de la energía en sus diferentes formas. Las ecuaciones fueron resueltas, para lo cual se utilizó el cálculo numérico y el Software Microsoft Excel, para el desarrollo de los mismos. Los datos fueron analizados mediante la estadística con valores de dispersión y de tendencia central.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente proyecto se elaborará manteniendo la confidencialidad de los antecedentes, datos y documentos con cual se realiza el estudio a fin de evitar cualquier hecho o situación que pudiera suponer o llegar a ocasionar un conflicto entre de intereses.

## **IV. RESULTADOS.**

### **4.1. Realizar un diagnóstico de la situación actual en cuanto al aspecto técnico y económico de las unidades convencionales dedicadas al transporte público de pasajeros.**

#### **4.1.1. Parque automotor de la Ciudad de Jaén.**

La ciudad de Jaén ubicada en el Norte de la Región Cajamarca, actualmente está entre las más desarrolladas de la Selva Norte del Perú, ubicada a 729 msnm, con una temperatura anual media de 24.2°C, tiene una población de 102000 habitantes, siendo las actividades predominantes la agricultura, la ganadería, el comercio, el transporte, la industria y el turismo. Para acceder a la ciudad de Jaén se realiza por vía terrestre a través de un desvío de la Carretera Marginal de la Selva, así como por vía aérea.

En cuanto al parque automotor de la ciudad, el transporte interprovincial se realiza en Buses, el transporte a las diversas localidades cercanas a la ciudad se realiza en Camionetas Rurales (Combis), así como también en vehículos livianos de diferentes marcas, cilindradas, capacidades, etc, utilizando el Gasohol, el Biodiesel y el GLP como combustible para su accionamiento; dentro de la ciudad de Jaén, el transporte es por medio de trimóvil de pasajeros (Mototaxis), motos y automóviles de uso particular

Tabla 1. Evolución de parque automotor nacional, regional y de la ciudad de Jaén.

Año	Evolución del Número de Unidades del Parque Automotor de la Ciudad de Jaén											
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Nacional	1 534 303	1 640 970	1 732 834	1 849 690	1 979 865	2 137 837	2 287 875	2 423 696	2 544 133	2 661 719	2 786 101	2 894 327
Cajamarca	11 255	12 383	13 563	15 107	17 320	19 673	21 461	22 664	23 740	24 943	26 224	27 674
Jaén	1688	1981	2170	2326	2615	3344	3648	3853	4036	4165	4327	4428

Fuente: MTC, 2019.

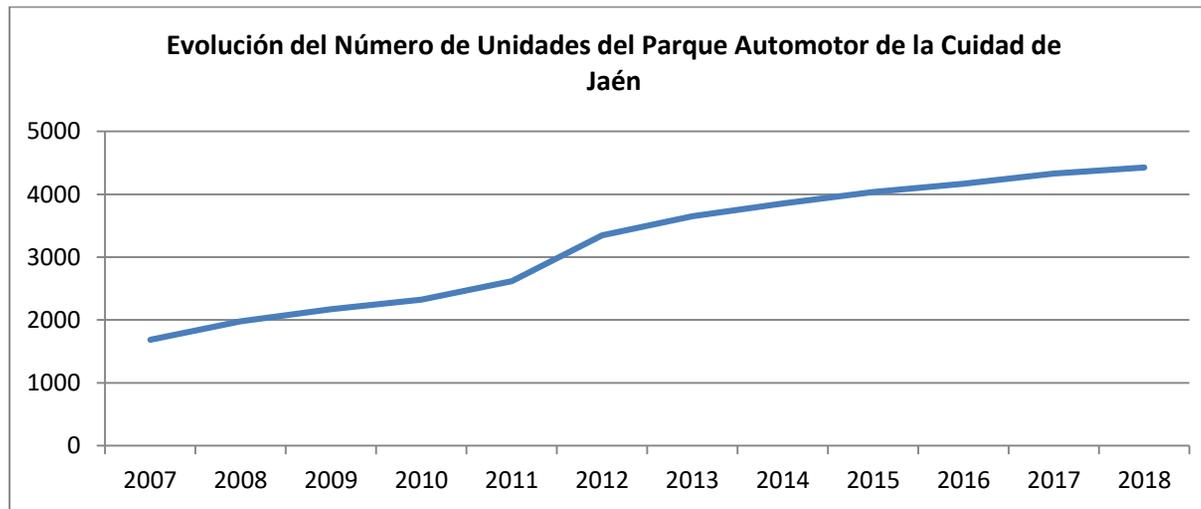


Figura 6. Evolución del Número de Unidades del Parque Automotor de la Ciudad de Jaén, 2007-2018.

Fuente: MTC, 2019.

Tabla 2. Distribución por tipo de unidad Jaén 2018

Distribución por tipo de unidad Jaén 2018			
Tipo de Unidad	Automovil	Station wagon	Camioneta Rural
Numero de Unidad	1328	443	664
%	54.54	18.19	27.27

Fuente: MTC, 2019

Se evidencia que, en la ciudad de Jaén, el número de automóviles es de 1328, el cual representa el 54,54% del total de unidades, mientras que las camionetas rurales representan al 27.27%. Es decir que el transporte público de pasajeros se realiza en éstos dos tipos de unidades vehiculares.

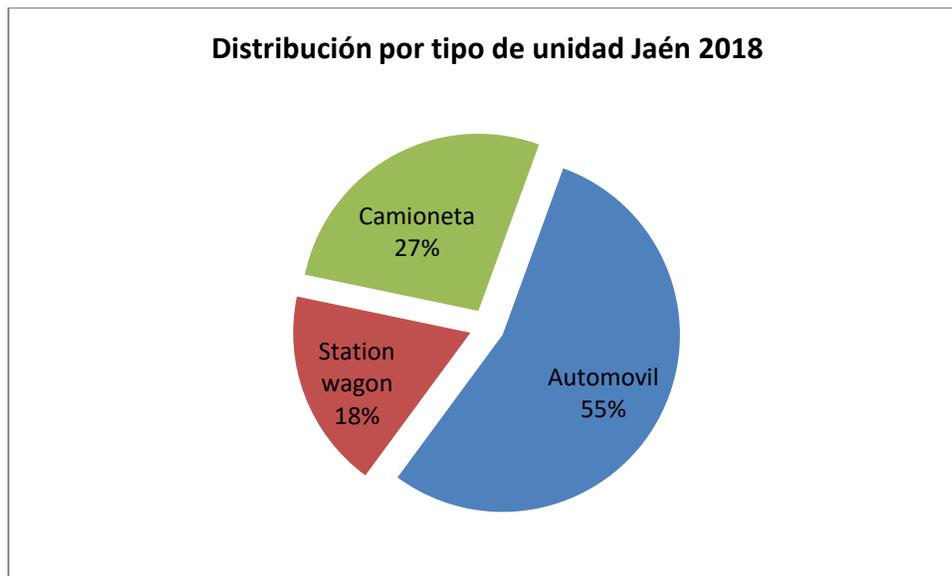


Figura 7. Distribución por tipo de unidad Jaén 2018.

Fuente: MTC, 2019

#### 4.1.2. Rutas del transporte en la ciudad de Jaén.

Según el plan vial Provincial de Jaén, se tiene los flujos del transporte de vehículos desde la ciudad de Jaén hacia las provincias cercanas, las cuales se realiza en camionetas rurales (combi), y de las rutas cortas desde Jaén hacia las diferentes localidades aledañas a la ciudad de Jaén (distritos), los cuales se realizan en camionetas rurales y en automóviles de empresas de transporte público.

Tabla 3. *Camionetas Rurales para transporte interprovincial en Jaén.*

Ruta	N° Camionetas Rurales (Combi)
Jaén - San Ignacio	117
Jaén - La Coipa Tabaconas	29
Jaén - Cutervo	30
Jaén - Bagua	40

Fuente: MTC 2019

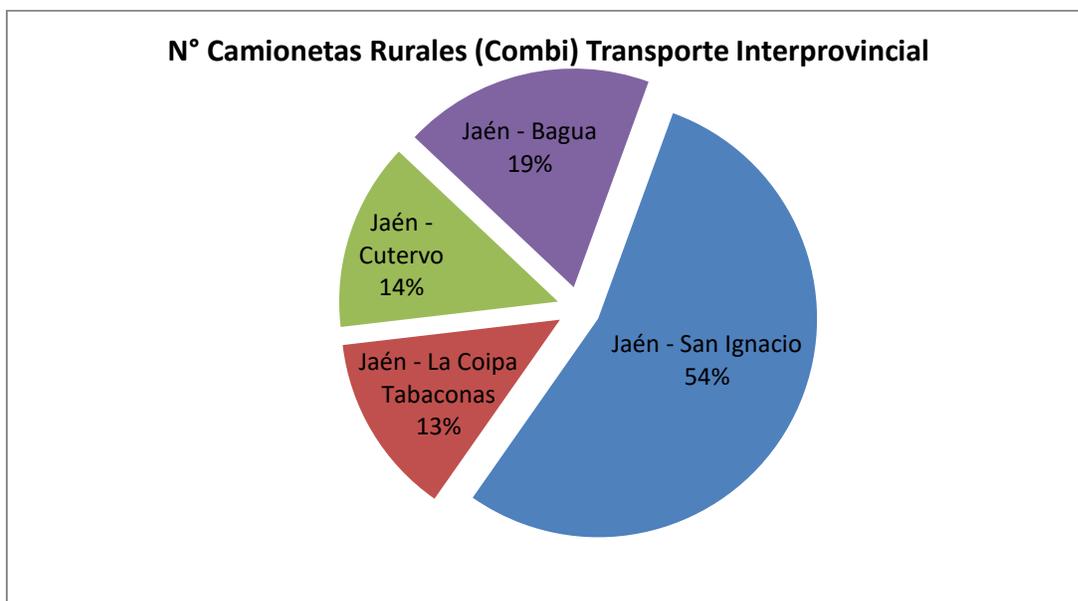


Figura 8. *Camionetas Rurales (Combi) Transporte Interprovincial.*

Fuente: MTC 2019

Tabla 4. Unidades para Transporte de Pasajeros en rutas de Jaén.

Ruta	Unidades para el Transporte de Pasajeros		
	Camioneta Rural	Camionetas	Automóviles
Jaén Pucará	15		5
Jaén - Chontalí			47
Jaén - Bellavista	10		36
Jaén - Las Pirias.		20	
Jaén - Huabal.			
Jaén - San José el Alto	6		7
Jaén - Caseríos	3	10	13
Jaén Santa Rosa	7		10
Jaén - San Felipe	2		
Jaén - Sallique	2		
Jaén - Pomahuaca			16
Jaén - Colasay	2		2
Total	47	30	136

Fuente: MTC, 2019

En la tabla 4, se puede observar la cantidad de unidades vehiculares existentes en la ciudad de Jaén, que realizan el servicio de transporte de pasajeros a las diferentes rutas, dicha información corresponde a las unidades registradas y con los permisos respectivos. Hasta el año 2018 se tiene 47 camionetas rurales, 30 camionetas satation wagon y 136 automóviles para el servicio de transporte público de pasajeros.

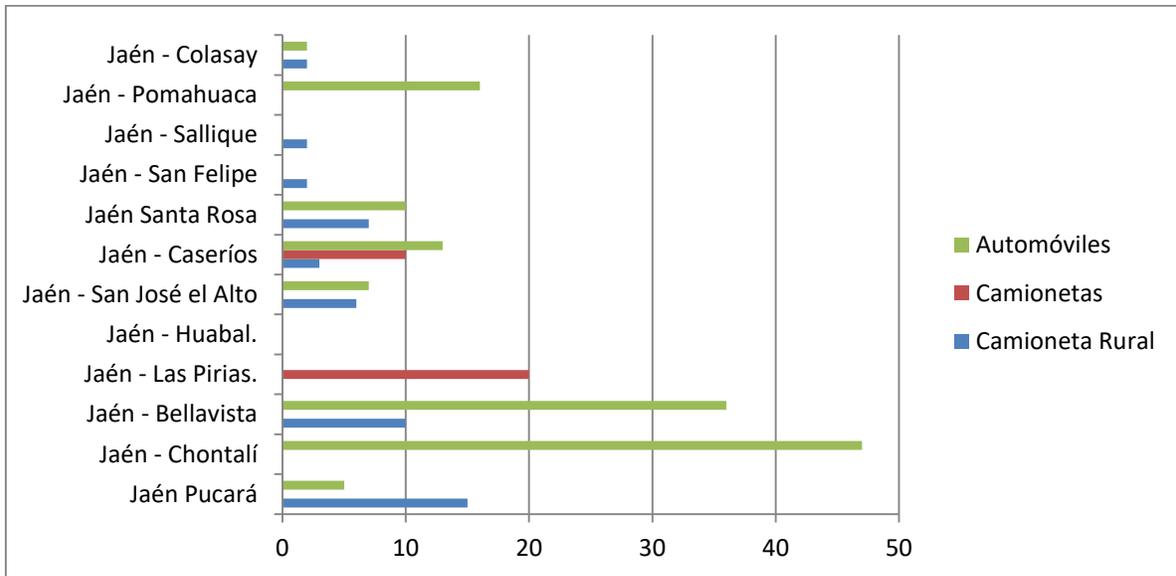
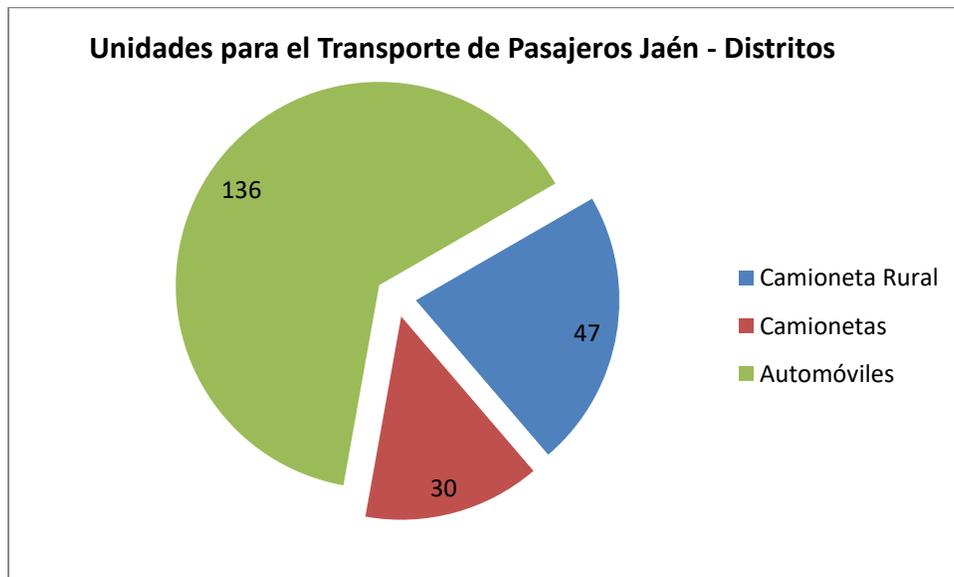


Figura 9. Unidades para Transporte de Pasajeros en rutas de Jaén.

Fuente: MTC, 2019

Tabla 5. Unidades para el Transporte de Pasajeros Jaén – Distritos, por tipo de unidad.



Fuente: MTC 2019

#### **4.1.3. Consumo de Combustible para el transporte público.**

La determinación del consumo de combustible de las unidades vehiculares para el transporte público de pasajeros está en función a las características propias de funcionamiento del motor del vehículo, a la distancia de cada ruta, a la frecuencia de la circulación, a la forma del manejo, al estado de conservación de las pistas, al mantenimiento preventivo de la unidad vehicular, entre otros aspectos.

El tipo de combustible que se utiliza en la región es el Gasohol, el biodiesel y el GLP. Las camionetas rurales, en casi su totalidad utilizan el biodiesel para su funcionamiento, en el caso de las camionetas station wagon, el 25% de ella utilizan biodiesel y el 75% utilizan gasolina y glp. Los automóviles que se utilizan para el transporte público utilizan gasolina y glp, siendo solo el 5% las que utilizan biodiesel.

En función a ello, se realizó la medición del consumo de combustible de las unidades vehiculares, es decir los automóviles, camionetas rurales y Station Wagon, en las diferentes rutas, para lo cual se estableció un protocolo de medición de consumo de combustible. El protocolo de medición consistió en:

- a) Verificar que el motor de la unidad se encuentre en condiciones normales de funcionamiento.
- b) Verificar que los sistemas del vehículo se encuentren en condiciones normales de funcionamiento: sistema de frenos, suspensión, dirección, luces, neumáticos.
- c) Registrar el valor del kilometraje que presenta la unidad al momento de empezar el recorrido.
- d) Suministrar la cantidad de combustible, registrando la cantidad de galones que se suministra.
- e) Medir el tiempo de funcionamiento del vehículo en las rutas especificadas.

De acuerdo a ello, se realizó las mediciones de consumos de combustible, en las rutas desde Jaén hacia los distritos y caserío aledaños.

Tabla 6. Consumo de combustible Diesel Camioneta Rural (Cilindrada 2500 cc).

Ruta	Consumo de combustible Diesel Camioneta Rural (Cilindrada 2500 cc)			
	Distancia (Km)	Tiempo empleado (Horas)	Consumo de combustible (Galones)	Consumo específico de combustible (Km/Galón)
Jaén - Pucará	84	1.45	2.20	38.18
Jaén - Bellavista	17	0.74	0.45	37.78
Jaén - San José el Alto	69	1.15	1.90	36.32
Jaén - Caseríos	14	0.23	0.39	35.90
Jaén Santa Rosa	39.8	1.25	1.10	36.18
Jaén - San Felipe	138.2	2.6	4.20	32.90
Jaén - Sallique	153.9	3.1	3.90	39.46
Jaén - Colasay	86.9	1.9	2.40	36.21

Fuente: Elaboración propia.

Las rutas en la ciudad de Jaén, son cortas y largas; las cortas tienen una duración de 0.23 horas, que es de la ciudad de Jaén a los caseríos cercanos, mientras que la ruta más larga de 153.9 Km es hacia el distrito de Sallique, siendo las características de la ruta diferente, debido al estado de las carreteras.

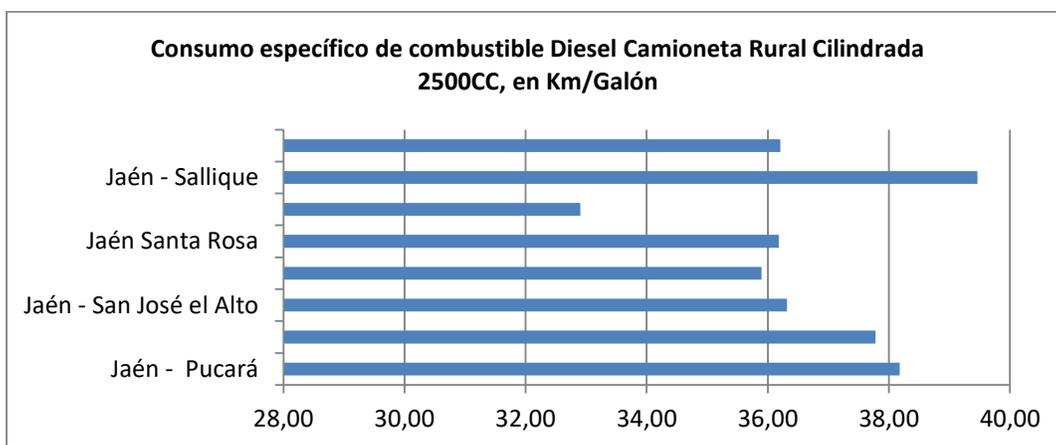


Figura 10. Consumo específico de combustible Diesel Camioneta Rural Cilindrada 2500CC, en Km/Galón.

Fuente: Autoría Propia.

Se analiza que el valor mínimo de consumo específico de combustible diesel es de 32.9 Km/Galón y el valor máximo es de 39.6 Km/galón, siendo las diferencia por aspectos de la infraestructura de la carretera, es decir que el acabado del asfalto y la geografía de la trayectoria de la carretera influyen significativamente en el consumo específico de combustible en las camionetas rurales.

Tabla 7. Consumo de combustible Gasohol Automóvil (Cilindrada 1500 cc

Ruta	Consumo de combustible Gasohol Automóvil (Cilindrada 1500 cc)			
	Distancia (Km)	Tiempo empleado (Horas)	Consumo de combustible (Galones)	Consumo específico de combustible (Km/Galón)
Jaén - Pucará	84	1.45	1.40	60.00
Jaén - Chontalí	32.7	1.1	0.60	54.50
Jaén - Bellavista	17	0.74	0.27	62.96
Jaén - San José el Alto	69	1.15	1.30	53.08
Jaén - Caseríos	14	0.23	0.24	58.33
Jaén Santa Rosa	39.8	1.25	0.75	53.07
Jaén - Pomahuaca	99	1.9	1.60	61.88
Jaén - Colasay	86.9	1.9	1.60	54.31

Fuente: Autoría Propia.

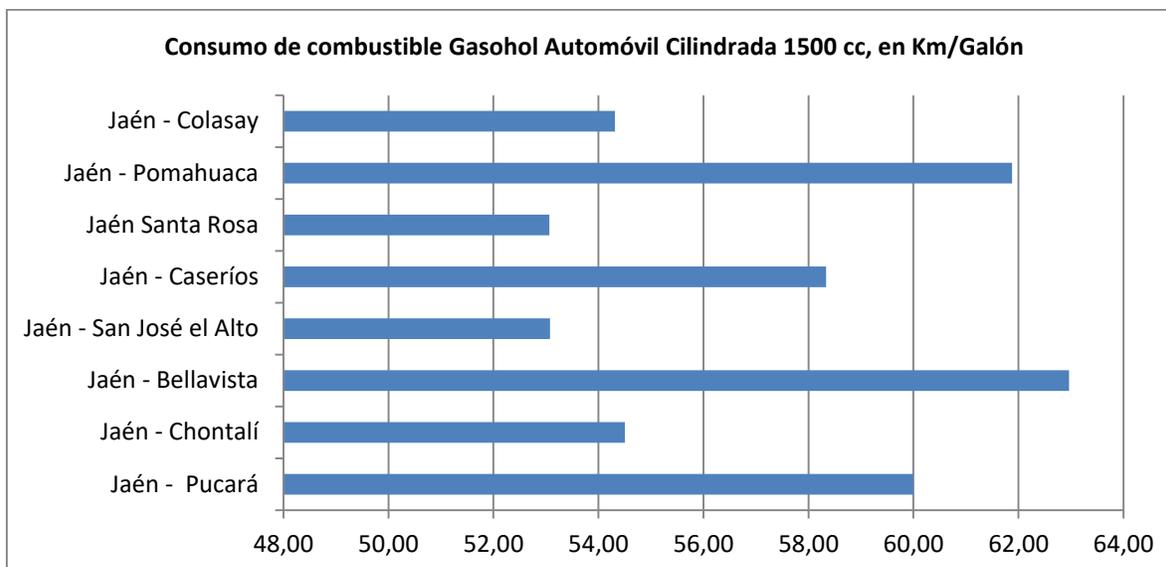


Figura 11. Consumo de combustible Gasohol Automóvil Cilindrada 1500 cc, en Km/Galón.

Fuente: Autoría Propia.

Se analiza que el valor mínimo de consumo específico de combustible Gasohol es de 53.07 Km/Galón y el valor máximo es de 62.96 Km/galón, siendo las diferencia por aspectos de la infraestructura de la carretera, es decir que el acabado del asfalto y la geografía de la trayectoria de la carretera influyen significativamente en el consumo específico de combustible en los automóviles para transporte público de pasajeros.

#### 4.1.4. Mantenimiento de las unidades de transporte público.

El diagnóstico de la situación actual del transporte de pasajeros en la ciudad de Jaén, también involucra aspectos del mantenimiento preventivo y/o correctivo que se realizan. Las unidades que se adquieren en los concesionarios automotrices, realizan mantenimiento preventivo, debido a que es un compromiso que adquieren al momento de realizar la compra de la unidad, comparados a los vehículos con cierto recorrido, a los cuales el mantenimiento que se realiza es el correctivo, es decir que luego de ocurrir la falla, se realiza la reparación, el cual conlleva a pérdidas económicas, debido al tiempo de inoperatividad del vehículo.

Para efectos de análisis, se tiene el reporte de una empresa concesionaria automotriz en la ciudad de Jaén, en el cual se reportan los fallos a los diferentes sistemas, siendo el motor de combustión interna el que presenta mayor cantidad de fallos, debido a problemas de configuración, es decir los vehículos actuales tienen gestión electrónica en el funcionamiento del motor, y ante alguna eventualidad éstos se desconfiguran, ocasionando que la información que recogen los diferentes sensores a la unidad de control electrónica no es la correcta

Tabla 8. Mantenimiento preventivo reportado a empresa concesionaria automotriz – Jaén

Sistema	Fallas	Mantenimiento preventivo reportados a empresa concesionaria automotriz - Jaén						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Motor de Combustión Interna	Al incrementar la velocidad, el motor no responde	34	45	67	47	70	56	45
	Fallos sistema eléctrico	56	40	46	35	18	24	43
Sistema de Suspensión	Juego axial y radial de los terminales	18	16	10	20	28	33	26
	Fallas en la amortiguación	15	16	15	14	20	16	19
Sistema de Dirección	Alineamiento defectuoso	28	33	43	40	33	33	36
	Fallas en la columna de dirección	14	15	20	14	15	18	14
Sistema de frenos	Sistema de Frenos con baja eficiencia de frenado	34	36	54	70	34	51	56
	Desequilibrio entre las	27	32	35	33	45	34	45

	ruedas delanteras							
Sistema de Transmisión	Fugas de líquidos de transmisión hidráulica	16	19	23	24	43	68	70
Sistema de Luces	Cortocircuitos	41	34	45	34	56	54	65

Fuente: Empresa Automotriz concesionaria Jaén, 2019.

#### 4.1.5. Rentabilidad económica del transporte público.

La rentabilidad económica que genera el transporte público, tiene al consumo de combustible como un factor que incide significativamente; así como también los costos por mantenimiento y/o reparación de la unidad vehicular.

Se hizo el análisis del costo del combustible en función a los ingresos económicos, y se determinó para cada ruta del transporte, el porcentaje que éste representa.

Tabla 9. Mantenimiento preventivo reportado a empresa concesionaria automotriz – Jaén.

Ruta	Costos de combustible Diesel en Camioneta Rural Cilindrada 2500cc			
	Consumo de combustible Mes (Galones)	Costo de combustible Mes S/.	Ingresos por mes S/.	Costo Combustible /Ingresos en %
Jaén - Pucará	297	3237	8340	38.8
Jaén - Bellavista	234	2551	8225	31.0
Jaén - San José el Alto	264	2878	7670	37.5
Jaén - Caseríos	204	2224	8525	26.1
Jaén Santa Rosa	198	2158	7175	30.1
Jaén - San Felipe	234	2551	7670	33.3

Jaén - Sallique	245	2671	7950	33.6
Jaén - Colasay	236	2572	8230	31.3

Fuente: Autoría Propia.

Se observa de la tabla 9, que el porcentaje de los costos del Biodiesel en las camionetas rurales de cilindrada 2500 cc en las diferentes rutas de la ciudad de Jaén, representan entre el 26 y 38% del total de ingresos producto del cobro de los pasajes en el transporte público de pasajeros.

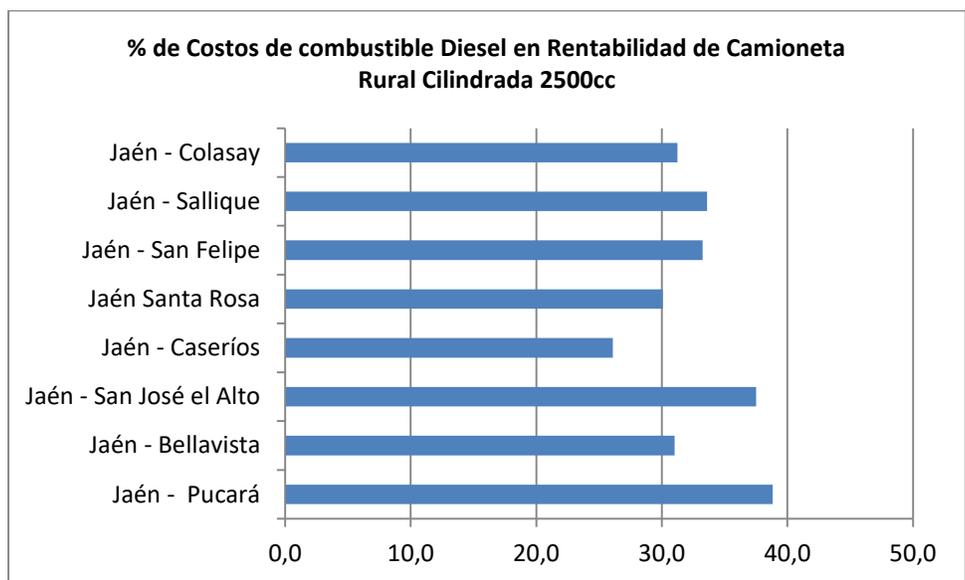


Figura 12. % de Costos de combustible Diesel en Rentabilidad de Camioneta Rural Cilindrada 2500cc.

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 10. Costos de combustible Gasohol Cilindrada 1500cc.

Ruta	Costos de combustible Gasohol Cilindrada 1500cc			
	Consumo de combustible Mes (Galones)	Costo de combustible Mes S/.	Ingresos por mes S/.	Costo Combustible /Ingresos en %
Jaén - Pucará	102	1370.25	5838	23.47
Jaén - Chontalí	94	1266.3	5758	21.99

Jaén - Bellavista	97	1313.55	5369	24.47
Jaén - San José el Alto	116	1559.25	5968	26.13
Jaén - Caseríos	95	1275.75	5023	25.40
Jaén Santa Rosa	109	1474.2	5369	27.46
Jaén - Pomahuaca	94	1266.3	5565	22.75
Jaén - Colasay	123	1663.2	5761	28.87

Fuente: Autoría Propia

Se observa de la tabla 10, que el porcentaje de los costos del gasohol en las unidades vehiculares de cilindrada 1500 cc en las diferentes rutas de la ciudad de Jaén, representan entre el 21 y 28% del total de ingresos producto del cobro de los pasajes en el transporte público de pasajeros.

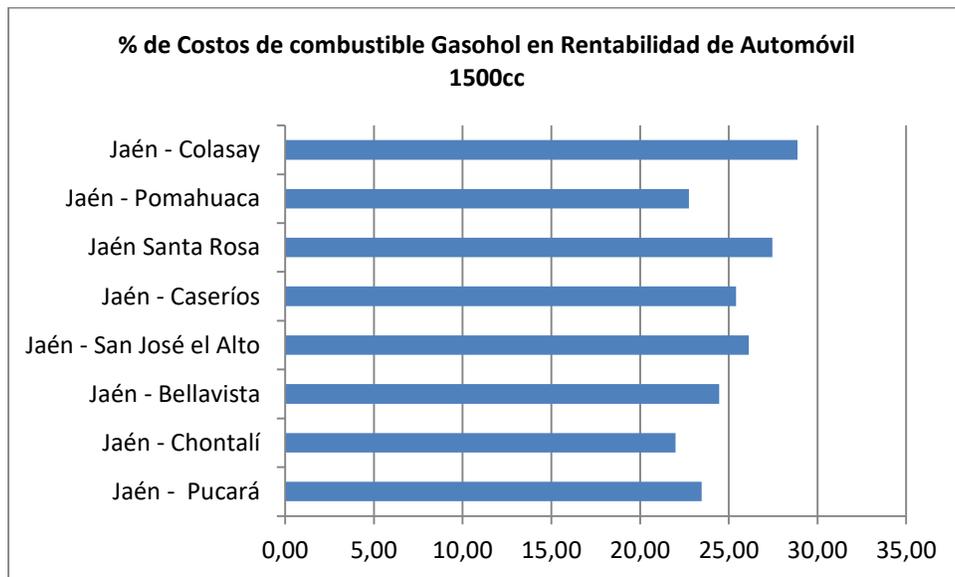


Figura 13. % de Costos de combustible Gasohol en Rentabilidad de Automóvil 1500cc.

Fuente: Autoría Propia

**4.2. Determinar la funcionalidad del vehículo híbrido, en cuanto al flujo de energía mecánica y eléctrica, en el recorrido Aeropuerto – Ciudad de Jaén.**

**4.2.1. Características técnicas de Vehículo Híbrido Toyota Yaris.**

**a) Combustible y Alimentación del Motor**

Inyección	inyección multipunto
Combustible	eléctrico
Otro combustible	Gasolina sin plomo
Tipo de combustible primario	eléctrico
DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE Capacidad (l)	36

**b) Motor**

cc	1497
Litros	1.5
Diámetro	75
Carrera	84.7
Relación de compresión	13.4
Cilindros	4
Configuración	en línea
Distribución variable	sí
Válvulas por cilindro	4
Código motor	1NZ-FXE
Relación de compresión (mayor)	13.4
<b>NORMA DE EMISIONES</b>	
Normativa	EU6.2 (C and D-Temp)
Nivel co2 - g/km (combinado)	84
Co (g/km)	0.1968
Hc (g/km)	0.044
Nivel de nox - g/km	0.006

Nivel de ruido en db	73
Etiqueta ecológica	ECO
ETIQUETA EFICIENCIA ENERGÉTICA	
Etiqueta de eficiencia	A
RECUPERACIÓN DE LA ENERGÍA	
Motor	sí
EMISIONES WLTP	
Tipo de prueba	HEV modo ahorro de la batería
Combinado vehículo básico	106
Combinado vehículo equipado	114
SISTEMA ELÉCTRICO	
Voltaje (v)	12

### c) Sistemas eléctricos e híbridos

ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	
Batería	híbrido de níquel
Voltaje de la batería (v)	250
Amperaje de la batería (ah)	6.5
Kilovatios/hora de la batería (kwh)	0.9
TIPO DE HÍBRIDO	
Tipo	hibrido activo
MOTOR ELÉCTRICO	
Número de motores	1
Potencia del motor (cv)	60
Potencia del motor (kw)	45
Par máximo del motor (nm)	169

**d) Prestaciones.**

Velocidad máxima (km/h)	165
Aceleración 0-100 km/h	11.8
Normativa de medida	CEE
Potencia máxima (kw)	74
Potencia maxima (cv)	100
Potencia máxima motor eléctrico (cv)	61
Potencia máxima motor eléctrico (kw)	45
Par máximo motor eléctrico (nm)	169
Potencia c/combust. primario o secundario	primario
<b>POTENCIA SECUNDARIA</b>	
Potencia máxima (kw)	54
Potencia máxima (cv)	73
Par máximo (nm)	111
Rpm para la potencia máxima (mín.)	4800
Rpm para el par máximo (mín.)	3600
<b>CONSUMO COMBUSTIBLE</b>	
Normativa	ECE 99/100
Urbano (l/100km)	3.5
Extraurbano (l/100km)	4
Combinado (l/100km)	4
Urbano (km/l)	28.6
Extraurbano (km/l)	25
Combinado (km/l)	25
Autonomía - combinado (kms)	900
Autonomía - combinado (millas)	559
Normativa	WLTP HEV modo ahorro de la batería
Combinado l/100km vehículo básico	4.7
Combinado l/100km vehículo equipado	5
Combinado km/l vehículo básico	21.3
Combinado km/l vehículo equipado	20

Fuente. Toyota del Perú, 2020

#### 4.2.2. Funcionalidad de Motores Vehículo Híbrido.

El análisis de funcionalidad del vehículo está en función al funcionamiento de los motores de combustión interna y motores eléctricos. Para el caso del vehículo Toyota Yaris Híbrido de año de fabricación 2019, se tiene cinco modos de operación que son:

- Vehículo detenido.
- Vehículo en arranque
- Vehículo en marcha inicial
- Vehículo aceleración suave
- Vehículo aceleración Fuerte

La configuración del vehículo híbrido de funcionamiento de los motores es mixto, es decir que el motor de combustión interna y el motor eléctrico accionan a las ruedas, de acuerdo a las solicitudes de energía mecánica, a los diferentes modos de operación.

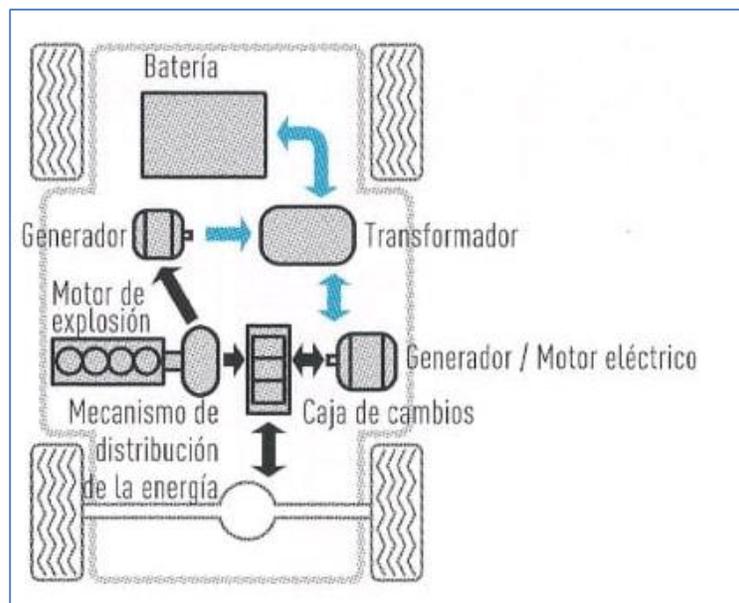


Figura 14. Configuración mixta de vehículo híbrido Toyota Yaris 2019.

Fuente: Toyota del Perú, 2019

Es de configuración mixta, se les conoce con el nombre de **sistemas de reparto de energía**. Mediante un engranaje, la distribución de la energía se divide entre el generador y el motor. Al arrancar y a bajas velocidades, es la batería la que proporciona la energía mientras que, **a velocidades normales, el motor térmico funciona** con la **máxima eficiencia** y al mismo tiempo, acciona al generador y recarga la batería. En la tabla 11, se tiene los modos de operación, el rango de velocidad, el estado de funcionamiento del motor de combustión interna, motor eléctrico y generador, así como también el flujo de energía mecánica hacia las ruedas de la unidad vehicular.

Tabla 11. Modos de Operación Vehículo Híbrido Toyota Yaris 2019.

Modo de Operación	Rango de Velocidad (Km/h)	Motor /Generador	Estado	Energía Mecánica a las ruedas
Vehículo detenido.	0	Motor de Combustión Interna	Encendido	No
		Motor Eléctrico	Apagado	No
		Generador Eléctrico	Encendido	No
vehículo en arranque	0	Motor de Combustión Interna	Apagado	No
		Motor Eléctrico	Encendido	No
		Generador Eléctrico	Encendido	No
vehículo en marcha inicial	0 - 25	Motor de Combustión Interna	Encendido	Si
		Motor Eléctrico	Apagado	No
		Generador Eléctrico	Encendido	No
Vehículo aceleración suave	25 - 55	Motor de Combustión Interna	Apagado	No
		Motor Eléctrico	Encendido	Si
		Generador Eléctrico	Encendido	No
Vehículo aceleración Fuerte	55- 120	Motor de Combustión Interna	Encendido	Si
		Motor Eléctrico	Encendido	Si
		Generador Eléctrico	Encendido	Si

Fuente: Toyota del Perú, 2020.

#### 4.2.3. Tiempo de Funcionamiento de Motores de combustión interna y eléctrica.

A lo cuatro vehículos de prueba de diferente kilometraje recorrido, pero del mismo año de fabricación y modelo (Toyota Yaris Híbrido 2019), se tomó lectura del tiempo de funcionamiento del motor de combustión interna y del motor eléctrico, para lo cual se hizo la descarga de los datos almacenados en la unidad de control electrónico de cada unidad, en la tabla 11, se tiene el registro de los tiempos de funcionamiento.

Tabla 12. Registro de tiempo de funcionamiento de Motores en Vehículo Híbrido.

Vehículo de Prueba	Kilometraje	Funcionamiento de:	Tiempo de operación (Horas)				
			Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Vehículo 1	1345	Motor de Combustión Interna	5.6	5.8	6.2	5.6	6.1
		Motor Eléctrico	2.6	1.7	0.5	1.6	2.0
		Horas de funcionamiento Vehículo	8.2	7.5	6.7	7.2	8.1
Vehículo 2	3432	Motor de Combustión Interna	5.4	4.9	5.1	5.2	4.3
		Motor Eléctrico	1.3	2.3	1.7	2.5	1.5
		Horas de funcionamiento Vehículo	6.7	7.2	6.8	7.7	5.8
Vehículo 3	2343	Motor de Combustión Interna	4.1	4.3	3.9	4.2	4.7
		Motor Eléctrico	1.6	1.9	2.2	1.6	2.0
		Horas de funcionamiento Vehículo	5.7	6.2	6.1	5.8	6.7
Vehículo 4	5645	Motor de Combustión Interna	4.1	5.1	5.4	3.9	4.9
		Motor Eléctrico	1.3	1.7	1.9	1.7	1.9
		Horas de funcionamiento Vehículo	5.4	6.8	7.3	5.6	6.8

Fuente: ECU –Vehículo Híbrido Toyota Yaris 2019.

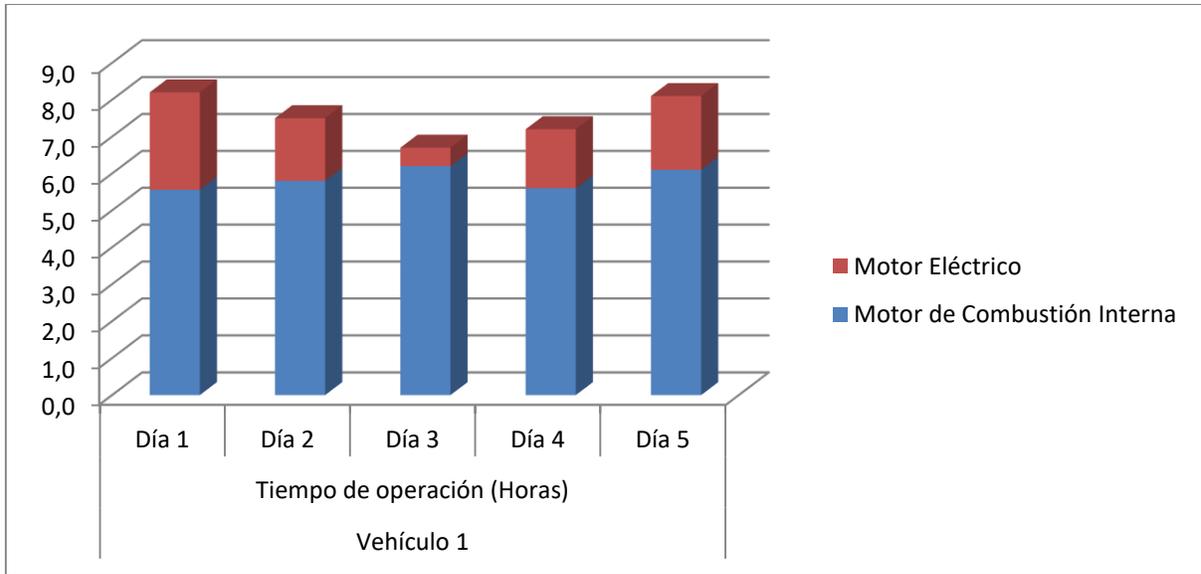


Figura 15. Tiempo de funcionamiento de motor de combustión interna y motor eléctrico Vehículo 1'2.  
Fuente: ECU –Vehículo Híbrido Toyota Yaris 2019.

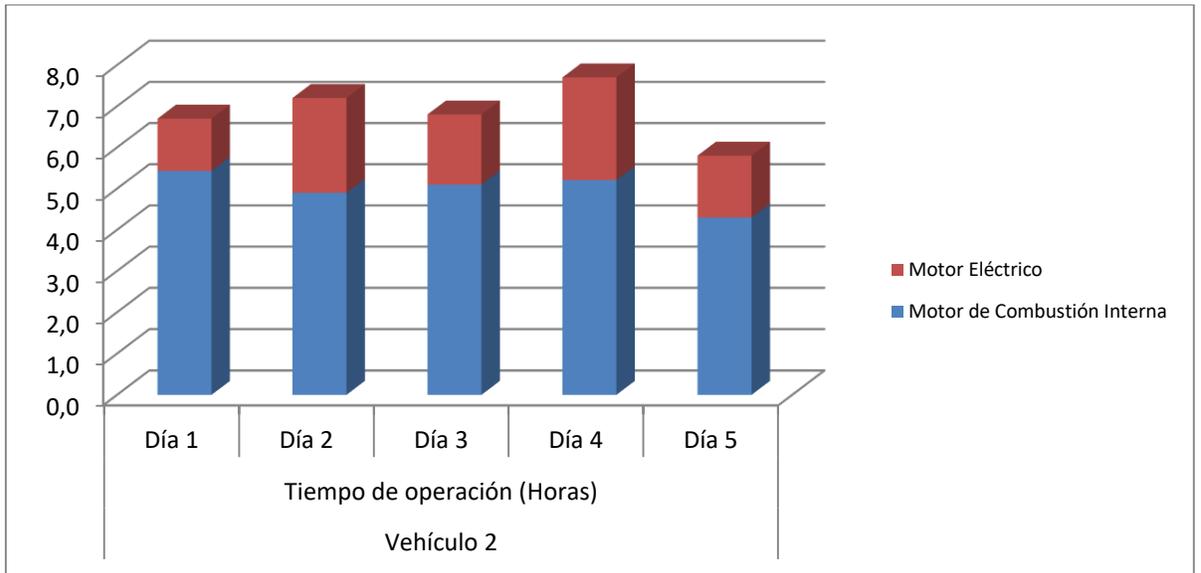


Figura 16. Tiempo de funcionamiento de motor de combustión interna y motor eléctrico Vehículo 2.  
Fuente: ECU –Vehículo Híbrido Toyota Yaris 2019.

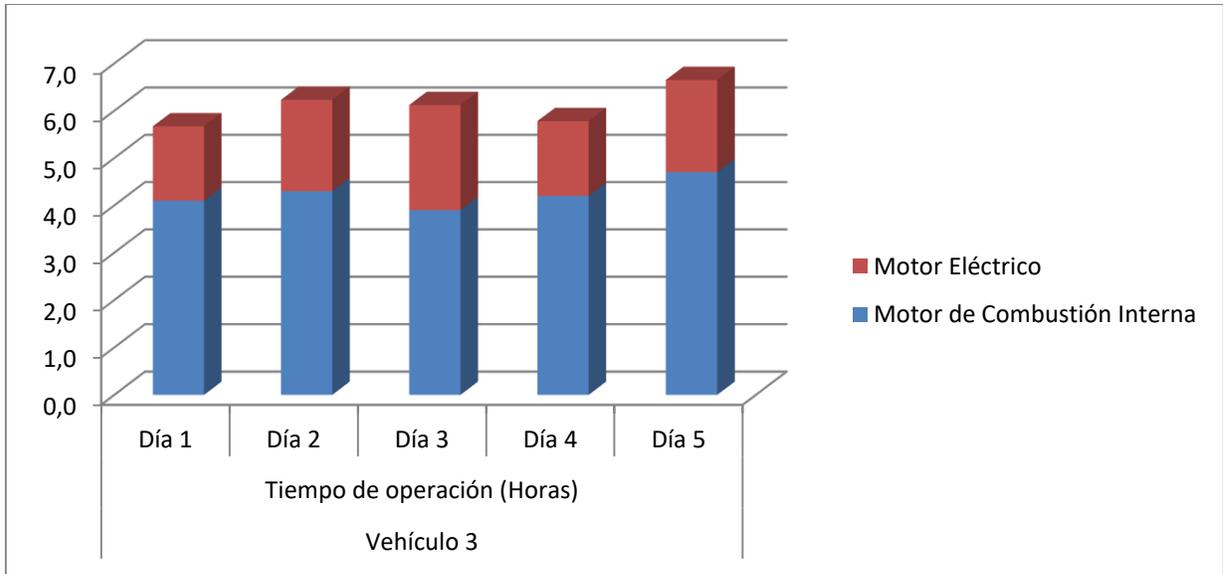


Figura 17. Tiempo de funcionamiento de motor de combustión interna y motor eléctrico Vehículo 3.

Fuente: ECU –Vehículo Híbrido Toyota Yaris 2019.

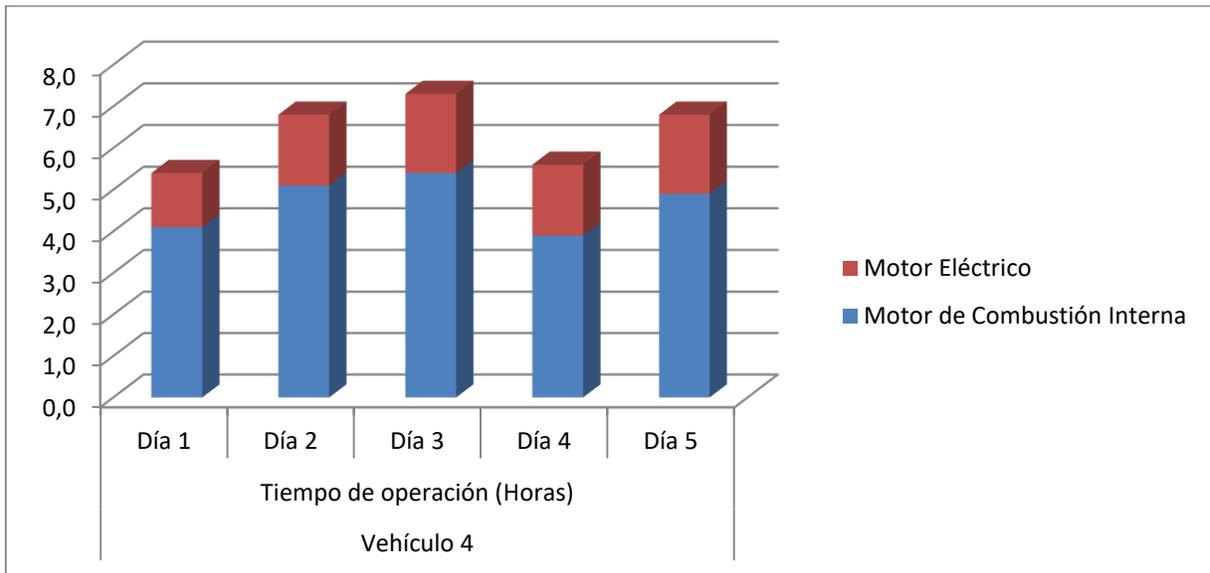


Figura 18. Tiempo de funcionamiento de motor de combustión interna y motor eléctrico Vehículo 4.

Fuente: ECU –Vehículo Híbrido Toyota Yaris 2019.

Tabla 13. Registro del porcentaje del tiempo de funcionamiento de Motores en Vehículo Híbrido.

Vehículo de Prueba	Kilometraje	Funcionamiento de:	Porcentaje de Tiempo de operación de Motores de Vehículo Híbrido				
			Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Vehículo 1	1345	Motor de Combustión Interna	68.3	77.3	92.5	77.8	75.3
		Motor Eléctrico	31.7	22.7	7.5	22.2	24.7
Vehículo 2	3432	Motor de Combustión Interna	80.6	68.1	75.0	67.5	74.1
		Motor Eléctrico	19.4	31.9	25.0	32.5	25.9
Vehículo 3	2343	Motor de Combustión Interna	71.9	69.4	63.9	72.4	70.1
		Motor Eléctrico	39.0	37.3	40.7	41.0	40.8
Vehículo 4	5645	Motor de Combustión Interna	75.9	75.0	74.0	69.6	72.1
		Motor Eléctrico	24.1	25.0	26.0	30.4	27.9

Fuente: ECU –Vehículo Híbrido Toyota Yaris 2019.

Del porcentaje de los tiempos de funcionamiento de los motores de combustión interna y del motor eléctrico, se estableció que el mayor porcentaje de tiempo en todas las condiciones de operación del vehículo híbrido es del motor de combustión interna, valores que oscilan entre el 68.1% hasta el 92.5%.

### **4.3. Analizar las variables de funcionamiento del motor de combustión interna y del motor eléctrico, para determinar el consumo específico de combustible del vehículo híbrido.**

#### **4.3.1. Análisis de las variables de los Motores del Vehículo Híbrido.**

El generador entrega energía eléctrica a las baterías, el cual los almacena para la posterior entrega hacia el motor eléctrico del vehículo, de acuerdo a la condición de funcionamiento de éste. El consumo de energía eléctrica se determina a partir de los parámetros de funcionamiento del generador, y se determina con la expresión:

$$E_e = P_e * t$$

Dónde.

E<sub>e</sub>: Energía Eléctrica, en Watt – Segundo.

P<sub>e</sub>: Potencia Eléctrica en Watt.

t: Tiempo de Funcionamiento, en segundos.

La potencia eléctrica, está en función del voltaje de generación y de la intensidad de corriente que fluye desde el generador hacia la batería, y el ángulo de desfase entre ésta variables, dada por la impedancia de las bobinas del generador, es decir:

$$P_e = V . I . \cos\theta$$

Dónde:

P<sub>e</sub>: Potencia Eléctrica del Generador, en Watt.

V: Tensión de generación, 520 Voltios

I: Intensidad de corriente eléctrica, en Amperios.

$\cos\theta$ : Factor de potencia. Inductivo 0.8

Se calculó a partir de la intensidad de corriente eléctrica, para cada una de las condiciones de funcionamiento del vehículo, en la tabla 13, se muestra el cálculo, para un voltaje constante de generación de 520 voltios.

Tabla 14. Parámetros de Generador Eléctrico de Vehículo Híbrido.

Parámetros de Generador Eléctrico de Vehículo Híbrido, Tensión 250 Voltios			
Vehículo de Prueba	Condición de funcionamiento	Intensidad de corriente Eléctrica (Amperios)	Potencia Eléctrica (Kilowatt)
Vehículo 1	Vehículo detenido.	97.69	43.18
	vehículo en marcha inicial	59.71	26.39
	Vehículo aceleración Fuerte	41.20	18.21
Vehículo 2	Vehículo detenido.	96.73	42.76
	vehículo en marcha inicial	61.97	27.39
	Vehículo aceleración Fuerte	36.01	15.92
Vehículo 3	Vehículo detenido.	95.53	42.22
	vehículo en marcha inicial	59.90	26.48
	Vehículo aceleración Fuerte	36.06	15.94
Vehículo 4	Vehículo detenido.	94.81	41.91
	vehículo en marcha inicial	59.33	26.22
	Vehículo aceleración Fuerte	39.57	17.49

Fuente: ECU –Vehículo Híbrido Toyota Yaris 2019.

De la tabla 14, se evidenció que para la cinco condiciones de funcionamiento del generador eléctrico, para la condición de vehículo en arranque y vehículo en aceleración suave, no se genera energía eléctrica y no existe carga de la batería, en cambio para la condición de vehículo detenido, con el motor de combustión

interna funcionando, se tiene la mayor cantidad de corriente eléctrica que carga las baterías del sistema; para la condición de vehículo en aceleración fuerte se tiene un valor menor de flujo de intensidad de corriente eléctrica para la carga de las baterías del vehículo.

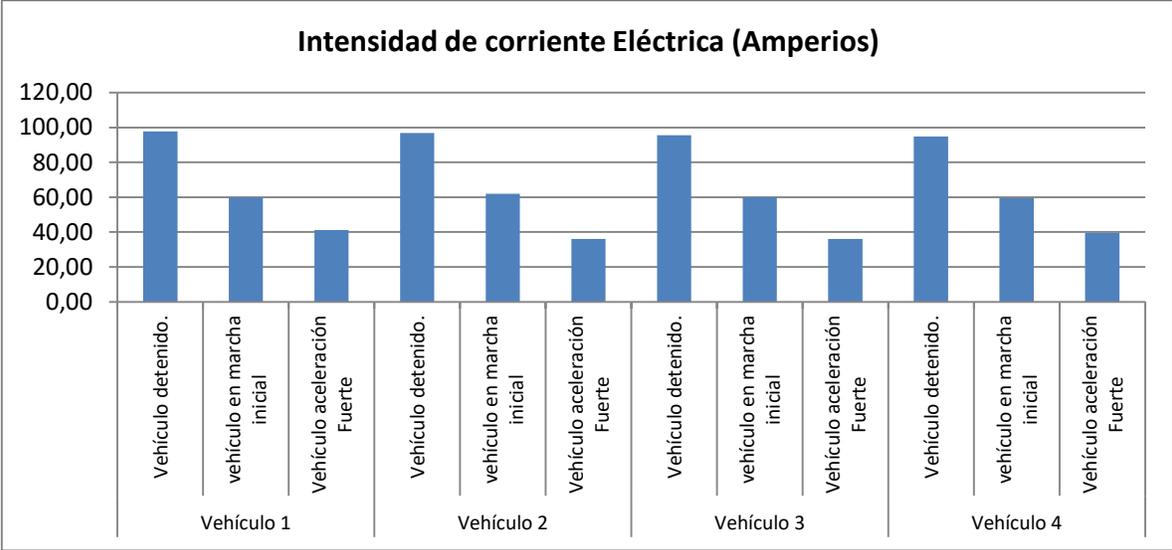


Figura 19. Intensidad de corriente eléctrica de generador de vehículo híbrido a diferentes condiciones de funcionamiento.

Fuente: ECU –Vehículo Híbrido Toyota Yaris 2019.

De la figura 15, se observa que, para los 4 vehículos de prueba, el valor de la intensidad de corriente eléctrica que fluye desde el generador del vehículo híbrido hacia la batería, tienen valores alrededor a los 100 Amperios en la condición de vehículo detenido con el motor de combustión interna en funcionamiento, es aquí en donde se aprovecha la energía. El generador eléctrico, según datos de su placa, tienen como máximo 106 Amperios.

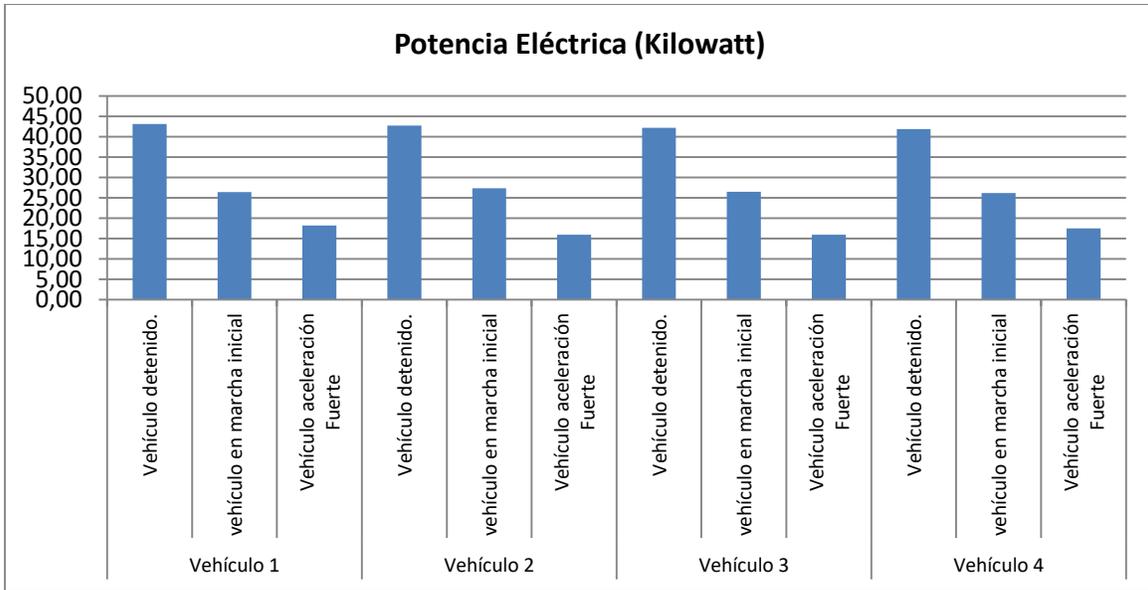


Figura 20. Potencia eléctrica de generador de vehículo híbrido a diferentes condiciones de funcionamiento.

Fuente: ECU –Vehículo Híbrido Toyota Yaris 2019.

En la figura 16, se muestra la potencia eléctrica del generador a diferentes condiciones de funcionamiento, siendo la condición de vehículo detenido con el mayor valor de potencia eléctrica entre 41 y 43 Kw, para la condición de funcionamiento de vehículo en marcha inicial, la potencia eléctrica de los generadores eléctricos de los vehículos híbridos de prueba oscila entre los 26 y 27 Kw, y para la condición de vehículo en aceleración fuerte la potencia eléctrica está entre 15 y 18 KW.

El banco de baterías del vehículo híbrido opera a una tensión de 250 voltios por lo cual se requiere un transformador elevador de 250/520 voltios, es decir en el transformador la variación de corriente de primaria la corriente secundaria será:  $520 / 250 = 2.08$

#### 4.3.2. Cálculo del Consumo Específico de Combustible.

La determinación del consumo específico de combustible de los vehículos de prueba, se determinó en función al recorrido de cada uno de ellos, para las diferentes condiciones de funcionamiento del vehículo híbrido.

La medición del consumo de combustible se hizo mediante la lectura en el medidor de nivel de combustible del tablero de instrumentos.

El consumo específico de combustible de un vehículo híbrido se calculó con la expresión:

$$Cec = \frac{R}{G}$$

Dónde:

Cec: Consumo específico de combustible, en Km/Galón.

R: Recorrido de vehículo, en Kilómetros.

G: Consumo de combustible, en galones

De los datos registrados en la Unidad de control electrónico del vehículo híbrido, se obtuvo los registros del tiempo de funcionamiento del motor de combustión interna, para las tres condiciones de funcionamiento del vehículo. Así mismo se determinó la velocidad promedio del vehículo para las condiciones de funcionamiento, y con ello se determinó el recorrido del vehículo en Km para una hora de funcionamiento.

El recorrido total del vehículo para una hora de funcionamiento, es la suma de los recorridos en las condiciones de funcionamiento del vehículo, para la condición de funcionamiento del vehículo detenido, no tiene recorrido, por lo tanto su velocidad es nula, sin embargo si tiene consumo de combustible, debido a que el motor de combustión está operando a velocidad de giro de ralentí, con un bajo consumo de combustible.

Para las otras dos condiciones de funcionamiento, se tiene los tiempos de funcionamiento del motor de combustión interna, la velocidad promedio de desplazamiento del vehículo, así como también el consumo de combustible de combustión interna. Para la determinación del consumo específico de combustible se determinó entre el recorrido total del vehículo para las tres condiciones entre la consumo total de combustible para las tres condiciones de funcionamiento. En la tabla 14, se muestra el cálculo del consumo específico de combustible en Km/galón para los 4 vehículos de prueba.

Tabla 15. Calculo del Consumo específico de combustible.

Vehículo de Prueba	Condición de funcionamiento	Tiempo (Horas)	Velocidad del Vehículo Km/h	Recorrido (Km)	Consumo de Combustible (Galones)	Consumo Total de Combustible Galones	Consumo Específico de combustible Km/Galón
Vehículo 1	Vehículo detenido.	0.11	0	0.00	0.09	0.92	75.16
	vehículo en marcha inicial	0.28	40	11.20	0.18		
	Vehículo aceleración Fuerte	0.61	95	57.95	0.65		
Vehículo 2	Vehículo detenido.	0.12	0	0.00	0.10	0.88	76.75
	vehículo en marcha inicial	0.26	38	9.88	0.16		
	Vehículo aceleración Fuerte	0.62	93	57.66	0.62		
Vehículo 3	Vehículo detenido.	0.09	0	0.00	0.09	0.91	74.71
	vehículo en marcha inicial	0.32	41	13.12	0.19		

	Vehículo aceleración Fuerte	0.59	93	54.87	0.63		
Vehículo 4	Vehículo detenido.	0.12	0	0.00	0.10	0.91	74.46
	vehículo en marcha inicial	0.24	37	8.88	0.19		
	Vehículo aceleración Fuerte	0.64	92	58.88	0.62		

Fuente: ECU –Vehículo Híbrido Toyota Yaris 2019.

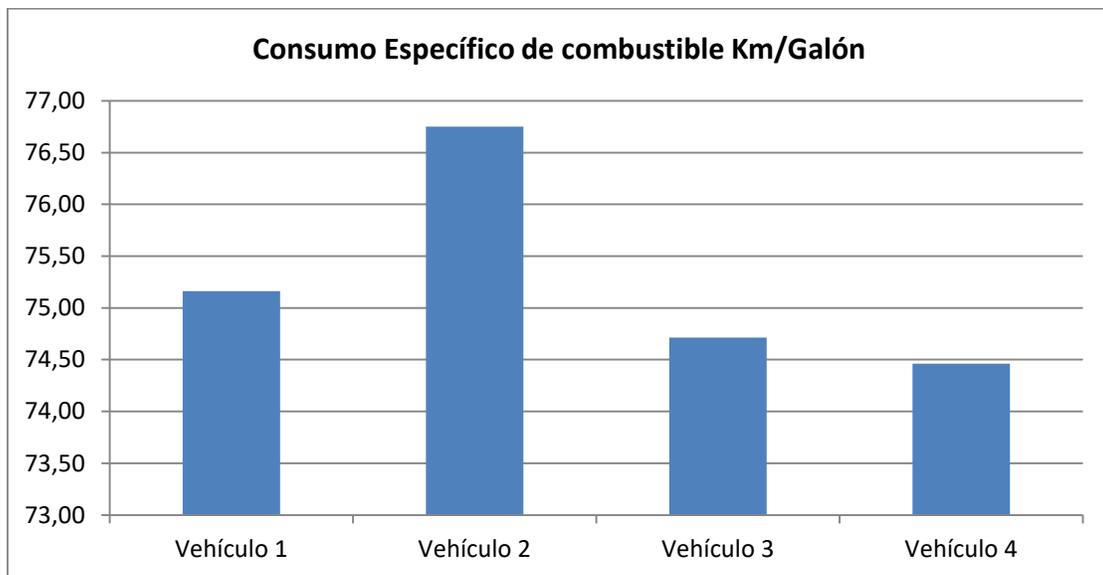


Figura 21. Consumo específico de combustible de vehículos Híbridos.

Fuente: ECU –Vehículo Híbrido Toyota Yaris 2019.

De la figura 21, se muestra que, para los cuatro vehículos de prueba, los consumos específicos de combustible, están entre los 74 y 77 Km/galón, que es el indicador que mide la rentabilidad del uso de ésta vehículo para el transporte público de pasajeros; si es comparado con un vehículo de la misma marca, modelo y año pero convencional, lo supera. Un vehículo Toyota Yaris del año 2019 convencional, según el fabricante, su consumo específico de combustible en la ciudad es de 38 Km/Galón, y de 55 Km/Galón en carretera.

**4.4. Determinar la rentabilidad económica de los vehículos híbridos para el transporte público, utilizando indicadores tales como VAN, TIR, relación beneficio –costo.**

**4.4.1. Costo de Combustible.**

Del análisis realizado para los 4 vehículos de prueba, se determinó que el mayor consumo específico de combustible es de 76.75 Km/galón y el de menor consumo específico es de 74.46 Km/galón, si se considera el valor promedio de consumo específico de combustible de los 4 vehículos analizados, se tiene:

$$Cecp = \frac{Cec1 + Cec2 + Cec3 + Cec4}{4}$$

$$Cecp = \frac{75.16 + 76.75 + 74.71 + 74.46}{4} = 75.27 \text{ Km/Galón}$$

El valor promedio del consumo específico de combustible es de 75.27 Km/galón, y con éste valor se determinó el costo del combustible por cada Km recorrido, a un valor de 12.5 Soles el galón de gasohol 95 Octanos, se tiene:

$$C(km) = \frac{Cg}{Cecp}$$

Dónde:

C(km): Costo del combustible, en Soles por Km recorrido.

Cecp: Consumo específico de combustible promedio, en Km/Galón.

Cg: Costo de un galón de gasohol 95 Octans, en Soles.

$$C(km) = \frac{12.5 \frac{\text{Soles}}{\text{Galon}}}{75.27 \frac{\text{km}}{\text{Galon}}} = 0.16 \text{ Soles /Km}$$

Es decir que el costo de cada Kilómetro recorrido por el vehículo híbrido es de 0.16 Soles. La ruta entre el aeropuerto Shumba y el Centro de Jaén, es de 20 Km, por lo tanto el costo del combustible es de  $0.16 \times 20 = 3.2$  Soles, para el recorrido desde el aeropuerto hasta el centro de la ciudad de Jaén. En la tabla 15, se muestra la proyección del costo de combustible, para servicios de distancias de 20-25 Km y de 25 a 30 Km, en los diferentes meses de año. Los meses de enero, Julio y diciembre son los de mayores servicios de taxi.

Tabla 16. Costos de Combustible en Vehículo Híbrido.

Mes	N° de servicios		Kilómetros Recorridos	Costo de Combustible S/
	Distancia 20 - 25 Km	Distancia 25- 30		
Enero	140	55	4175	668
Febrero	120	55	3775	604
Marzo	130	55	3975	636
Abril	120	55	3775	604
Mayo	120	55	3775	604
Junio	140	55	4175	668
Julio	180	55	4975	796
Agosto	160	55	4575	732
Septiembre	120	55	3775	604
Octubre	120	55	3775	604
Noviembre	130	55	3975	636
Diciembre	200	55	5375	860

Fuente: Autoría Propia.

#### 4.4.2. Costos de Mantenimiento.

Los costos de mantenimiento están en función al kilometraje de cada unidad vehicular, siendo ésta realizada cada 10000 Km de recorrido.

Tabla 17. Costos de Mantenimiento.

N°	Costo de Mantenimiento de Vehículo Yaris Híbrido					
	Tareas	10000 Km	20000 Km	30000 Km	40000 Km	50000 Km
Motor de Combustión Interna						
1	Aceite y Filtro de aceite Motor	130	110	130	110	130
2	Sistema de Combustible	60	50	60	50	60
3	Sistema eléctrico Motor de Gasolina	50	40	50	40	50
Sub total 1		240	200	240	200	240
Chasis / Carrocería						
4	Sistema de Luces	50	30	30	30	30
5	Sistema de Frenos	60	60	60	60	60
6	Sistema de Dirección	50	80	80	80	80
7	Sistema de Suspensión	60	80	100	100	100
Sub total 2		220	250	270	270	270
Motores electricos						
8	Generador Eléctrico	120	100	120	100	120
9	Motor Eléctrico	60	60	60	60	60
10	Batería de Níquel	240	220	240	220	240
Sub total 3		420	380	420	380	420
Total S/.		880	830	930	850	930

Fuente: Concesionaria Automotriz Jaén, 2020.

#### 4.4.3. Ingresos Mensuales.

La proyección de ingresos mensuales para los 12 meses de análisis del proyecto, considerando que el costo del pasaje entre el aeropuerto Shumba y el lugar de destino, está en función al lugar de destino o viceversa. El pasaje desde el aeropuerto hasta el centro de la ciudad (distancia de 20 Km), es de 15.00 Soles.

Tabla 18. Proyección de Ingresos Mensuales.

Mes	N° de servicios		Costo del servicio S/.		Ingresos S/.
	Distancia 20 - 25 Km	Distancia 25- 30	Distancia 20 - 25 Km	Distancia 25- 30	

Enero	140	55	22	27	4565
Febrero	120	55	20	25	3775
Marzo	130	55	20	25	3975
Abril	120	55	20	25	3775
Mayo	120	55	20	25	3775
Junio	140	55	20	25	4175
Julio	180	55	22	27	5445
Agosto	160	55	20	25	4575
Septiembre	120	55	20	25	3775
Octubre	120	55	20	25	3775
Noviembre	130	55	20	25	3975
Diciembre	200	55	22	27	5885

Fuente: Autoría Propia.

#### 4.4.4. Cálculo de las variables económicas.

Flujo de Caja.

En la tabla 19, se muestra el flujo de caja, para dos años de proyección, con los ingresos por los servicios de taxi prestados, y los egresos que representan el costo de mantenimiento y el costo del combustible.

Tabla 19. Flujo de Caja de Inversión.

Año de Proyección	Mes	Ingresos S/.	Costo de Combustible S/	Costo Mantenimiento S/	Utilidad S/
1	Enero	4565	730.4	880	2954.6
	Febrero	3775	604	830	2341
	Marzo	3975	636	930	2409
	Abril	3775	604	850	2321
	Mayo	3775	604	930	2241
	Junio	4175	668	880	2627
	Julio	5445	871.2	830	3743.8
	Agosto	4575	732	930	2913

	Septiembre	3775	604	850	2321
	Octubre	3775	604	930	2241
	Noviembre	3975	636	880	2459
	Diciembre	5885	941.6	830	4113.4
2	Enero	4565	730.4	880	2954.6
	Febrero	3775	604	830	2341
	Marzo	3975	636	930	2409
	Abril	3775	604	850	2321
	Mayo	3775	604	930	2241
	Junio	4175	668	880	2627
	Julio	5445	871.2	830	3743.8
	Agosto	4575	732	930	2913
	Septiembre	3775	604	850	2321
	Octubre	3775	604	930	2241
	Noviembre	3975	636	880	2459
	Diciembre	5885	941.6	830	4113.4

Fuente: Autoría Propia.

### Valor Actual Neto

Los valores de los ingresos mensuales, llevándolas al año cero, donde se inicial el proyecto, con una tasa de interés del 1.8 % mensual.

Ingresos actualizados al tiempo 0:

$$Ia = \frac{Ra * [(1 + i)^n - 1]}{[i * (1 + i)^n]}$$

Utilizando el comando VNA de Microsoft Excel, de determina el valor del VAN

Tabla 20. Cálculo del Valor Actual Neto.

Año de Proyección	Mes	Utilidad S/
Inversión		44000

1	Enero	2954.6
	Febrero	2341
	Marzo	2409
	Abril	2321
	Mayo	2241
	Junio	2627
	Julio	3743.8
	Agosto	2913
	Septiembre	2321
	Octubre	2241
	Noviembre	2459
	Diciembre	4113.4
2	Enero	2954.6
	Febrero	2341
	Marzo	2409
	Abril	2321
	Mayo	2241
	Junio	2627
	Julio	3743.8
	Agosto	2913
	Septiembre	2321
	Octubre	2241
	Noviembre	2459
	Diciembre	4113.4
		S/.
		52,481.64

Fuente: Autoría Propia.

El valor actualizado neto del proyecto es la diferencia entre los ingresos actualizados netos y la inversión realizada, es decir  $52,481.64 - 44000 = 12481.64$  Soles.

## Tasa Interna de Retorno

Para calcular la tasa interna de retorno, se determina haciendo que el ingreso actualizado con una tasa de interés a determinar es igual a la inversión inicial del proyecto.

$$Inv = \frac{Ra * [(1 + TIR)^n - 1]}{[TIR * (1 + TIR)^n]}$$

Tabla 21. Tasa Interna de Retorno.

Año de Proyección	Mes	Utilidad S/
Inversión		-44000
1	Enero	2954.6
	Febrero	2341
	Marzo	2409
	Abril	2321
	Mayo	2241
	Junio	2627
	Julio	3743.8
	Agosto	2913
	Septiembre	2321
	Octubre	2241
	Noviembre	2459
	Diciembre	4113.4
2	Enero	2954.6

	Febrero	2341
	Marzo	2409
	Abril	2321
	Mayo	2241
	Junio	2627
	Julio	3743.8
	Agosto	2913
	Septiembre	2321
	Octubre	2241
	Noviembre	2459
	Diciembre	4113.4
		3.37%
		TIR(K6:K30)

Fuente: Autoría Propia.

Reemplazando valores, y mediante una metodología de aproximaciones o utilizando el software Microsoft Excel, se calcula el valor del TIR, siendo éste igual a 3.37% mensual, que representa un valor superior al interés bancario actual que es del 1.8% mensual.

### **Relación Beneficio Costo**

La relación beneficio / costo es de 52,481.64 / 44000, es de 1.19

## **V. DISCUSION**

La rentabilidad de un vehículo híbrido Toyota Yaris, para el uso en el transporte público de pasajeros, específicamente como servicio de taxi para la ruta del aeropuerto hacia las localidades de la Ciudad de Jaén, es factible, debido básicamente a que la ruta mayor a 20 Km, y con un alto rendimiento en cuanto a Kilómetros recorrido por galón (en promedio 75.27 Km/Galón), sin embargo los costos de mantenimiento son elevados si se compara con un vehículo convencional.

En el análisis técnico realizado, se evidenció que para las cinco condiciones de funcionamiento del vehículo híbrido, la condición del vehículo detenido con el motor de combustión interna encendido, es en donde se aprovecha la energía. El generador de corriente eléctrica de 520 Voltios, carga las baterías de 250 voltios, mediante un transformador de tensión. Para el funcionamiento a velocidades de 30 a 40 Km, que es marcha inicial, también se produce la carga de las baterías, y para velocidades altas, el flujo de energía eléctrica de carga de la batería disminuye.

Los costos de los vehículos híbridos comparados con los vehículos convencionales, son mayores. Un vehículo Híbrido tiene un precio mayor entre un 30 y 40% con respecto al vehículo convencional, siendo la tendencia actual, a que los precios de los vehículos híbridos disminuyan en los próximos años, debido a que existe en el Perú, proyecciones de uso de vehículos híbridos para el sector del transporte público.

Los costos de mantenimiento de los vehículos híbridos son superiores a los costos de mantenimiento de los vehículos convencionales, fundamentalmente porque se hace la verificación y ajuste no solamente del motor de combustión interna y del chasis, sino también del generador y motor eléctrico, así como también del banco de baterías. Se requiere que dicho mantenimiento se realice en talleres autorizados, debido a que el conocimiento de los sistemas, por parte de los técnicos, requiere estar capacitados con la tecnología del vehículo híbrido.

En el funcionamiento del vehículo híbrido a bajas velocidades, el aporte de energía eléctrica es significativo, a medida que se incrementa la velocidad del vehículo, se incrementa el requerimiento de torque mecánico, por lo cual a altas velocidades, solamente el motor de combustión interna le entrega energía mecánica al sistema de transmisión, y éste por medio de la caja de cambios le entrega la energía mecánica a las ruedas, dependiendo del tipo de transmisión que utiliza.

El cambio de mecanismo que transmite la energía hacia las ruedas, es decir si es del motor de combustión interna o es del motor eléctrico, lo realiza una transmisión automática, la cual es controlada por la unidad de control electrónico del vehículo híbrido.

La investigación realizada, determinó que si es rentable desde el punto de vista técnico y económico el uso de este tipo de unidades vehiculares para el sector de transporte público de pasajeros, sin embargo el cuidado que se debe tener al momento de la conducción es importante, porque una mala maniobrabilidad del vehículo, ocasiona la desconfiguración del sistema.

## **VI. CONCLUSIONES**

- Se realizó el diagnóstico de la situación actual en cuanto al aspecto técnico y económico de las unidades dedicadas al transporte público de pasajeros. Se calculó que el valor mínimo de consumo específico de combustible Gasohol es de 53.07 Km/Galón y el valor máximo es de 62.96 Km/galón, siendo las diferencia por aspectos de la infraestructura de la carretera, es decir que el acabado del asfalto y la geografía de la trayectoria de la carretera influyen significativamente en el consumo específico de combustible en los automóviles para transporte público de pasajeros.
- Se determinó la funcionalidad del vehículo híbrido, en cuanto al flujo de energía mecánica y eléctrica, de acuerdo a las condiciones de los recorridos en la ciudad de Jaén. Del porcentaje de los tiempos de funcionamiento de los motores de combustión interna y del motor eléctrico, se estableció que el mayor porcentaje de tiempo en todas las condiciones de operación del vehículo híbrido es del motor de combustión interna, valores que oscilan entre el 68.1% hasta el 92.5%.

- Se hizo el análisis de los consumos específicos de combustible de los vehículos de prueba, y se obtuvo como valor promedio 75.27 Km/galón, valor que mide la rentabilidad del uso de ésta unidad, para la condiciones de funcionamiento dentro de la ciudad de Jaén.
- El análisis económico, determinó que el valor actual neto del proyecto, para dos años de proyección es de 12481.64 Soles, la Tasa Interna de Retorno de 3.37% mensual y el valor del beneficio costo es de 1.19; indicadores que hacen factible la realización de la propuesta.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Realizar el análisis de los impactos ambientales de los vehículos híbridos que se utilizan para el sector público de transporte de pasajeros.
- Hacer la evaluación en ciudades de diferentes altitudes, a fin de determinar las condiciones de funcionamiento del vehículo híbrido.
- Evaluar el desgaste de los repuestos del vehículo híbrido al funcionar solo con energía eléctrica-

## REFERENCIAS

- SANABRIA, F. Transporte Público de Pasajeros en México. Guadalajara, 2014, 121pp.
- DUARTE D. Combustibles Alternativos para vehículos livianos en Europa, 2018, 77pp.
- OLADE. Organización Latinoamericana de la Energía, Vehículos eléctricos y su impacto en el consumo de energía eléctrica. Quito, 2016, 45pp.
- ROBUSTE, W. Factores que determinan el tiempo del transporte público de pasajeros, Argentina, 2013, 66pp.
- BELLIDO, D. Rentabilidad del Transporte Público en Chile. Santiago de Chile, 2018, 42pp.
- ESAN. Economía y Transporte. Lima, Perú, 2016, 42pp.
- BOUDET, E. Modernización del Parque automotor de Arequipa. Perspectivas al año 2021, 2016, 34pp.
- SANZ G. Análisis de la evolución y el impacto de los vehículos eléctricos en la economía europea, 2015, 67pp.
- moreno r. control óptimo de la energía en un vehiculo hibrido eléctrico empleando redes neuronales, 2004, Universidad César Vallejo, 45pp

- Torres, E. Estudio de Viabilidad en la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca. Ecuador, 2015, 88pp.
- BOSCH, Robert. Barcelona. Libro “Manual de la Técnica del Automóvil”, 3ª Edición. Editorial Reverte. 2002,800. pp. ISBN: 3-934584-82-9.
- BOSCH, Robert. Técnicas de gases de escape para motores diésel . Alemania: Robert BOSCH Gmbh, 2005.129.pp ISBN:3-86522-087-8
- BARGSTED. Indicadores evaluación de proyectos, 2014, 123pp
- BLANK, L. 1992. Capítulo 6 “Análisis de costos anuales uniformes equivalentes. IN BLANK L. EDS. INGENIERÍA ECONÓMICA. EEUU. MG GRAW-HILL. 139 – 158.
- [CALLE Calle, Francisco José](#) (2012). Tesis “Evaluación técnica del desempeño y prestaciones del vehículo TOYOTA PRIUS III generación en la ciudad de Cuenca. Pp. 121. Ecuador
- CESTAU Cubero, Silvia. Sostenibilidad. Tesis. Técnica, Económica Y Ambiental De Flotas Comerciales De Vehículos Eléctricos. Departamento De Ingeniería Eléctrica Universidad Politécnica De Catalunya. 2014. P. 7
- COELLO Salcedo, Mateo Fernando. Tesis. (2012). Recuperado a partir de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2625>
- CONCEPCIÓN, Mandy Libro “Sistemas Híbridos Avanzados”. (2010), Volumen 1.p. 42 <https://books.google.com.pe/books?id=Kx5CckRoihUC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- DIARIO LA REPÚBLICA, Lima es la segunda capital más contaminada de América Latina, 13 de Mayo de 2016; Recuperado en: <http://larepublica.pe/sociedad/767293-lima-es-la-segunda-capital-mas-contaminada-de-america-latina>, 02 de Junio de 2016.
- DIARIO de Economía y negocios del Perú (Gestión), Parque automotor del Perú subirá a 2.6 millones de vehículos en 2016, miércoles, 15 de junio del 2016; recuperado en: <http://gestion.pe/empresas/parque-automotor-peru-subira-26-millones-vehiculos-2016-2163406>, el 21 de junio de 2016.

- ELÍAS Castells, Xavier y BORDAS Alsina, Santiago. Libro: Energía, agua, medioambiente territorialidad y Sostenibilidad. Edición Díaz de Santos S.A. (2012). Madrid. Pp.400.
- FITSA. Revista “Tecnología de Propulsión híbrida y las Evidencias científica de sueficiencia”.2006,520.pp  
<https://inventosticoleonfelipe.wikispaces.com/file/view/13-Hibridos.pdf>
- GALINDO Martin, Nuria. “Tesis Impacto de la incorporación del vehículo eléctrico en la integración de energías renovables en el sistema eléctrico”. (2010). Madrid. Pp.4-68
- GARCÍA Garnica, Alejandro y REYES Álvarez, Juan. Patentamiento, trayectoria y características de las baterías automotrices: el caso de los autos híbridos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos; Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 2015. Pp.175
- GPAE. Reporte Semestral de Monitoreo del Mercado de Hidrocarburos Segundo Semestre Del 2016 AÑO 6 – Nº 9. Gerencia de Políticas y Análisis Económico (2016). PP.35
- HUALPA Huamani, Maimer Tomás. Tesis “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE SISTEMAS HÍBRIDOS EÓLICO– SOLAR EN EL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA”. 2016
- LOPEZ Martínez, José María. Editorial Dextra. Libro “Vehículos híbridos y eléctricos”. (2015). España, 150. pp. ISBN: 9788416277421
- MIRAVETE, Antonio; LARRODE, Emilio; CASTREJON, Luis; CUARTERO, Jesús. Libro “Los Transportes en la Ingeniería”. Edición Reverte. España. (2002). 400. Pp ISBN 1: 849213495X
- MORENO, Francisco, vehículo eléctrico. Historia actual y restos futuros. Departamento de ingeniería eléctrica , universidad de Málaga, España. Mayo 2016/especial edición / [Eujournal.org/index.p.hp/esj/article/download/7393/7121](http://Eujournal.org/index.p.hp/esj/article/download/7393/7121) ISSN: 1857-7881
- MUENALA Sagñay, Andrea Elizabeth. “Evaluación del Impuesto ambiental a la contaminación vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito”. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2016. Pp.125.

- PARDO, Sheinbaum y CHÁVEZ Baheza. Fuel Economy of New Passengers Cars in Mexico: Trends from 1988 to 2008 and prospects. Energy Policy. 2011.p.55.
- REYES, María., 2012. Análisis de los precios y de los subsidios a las gasolinas y el Diesel en México, 2007-2011. [pdf] México: Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis, Cámara de Diputados. Disponible en: <<http://www.diputados.gob.mx/cedia/sia/se/SAE-ISS-01-12.pdf>> (Consultado el 10 de junio del 2017)
- SÁNCHEZ Armando, ISLAS Suriel y SHEINBAUM, Claudia. Demanda de gasolina y la heterogeneidad en los ingresos de los hogares en México.2015.p.25.
- SENER (Secretaría de Energía). Sistema de Información Energética. (2013 Disponible en: <<http://www.sie.energia.gob.mx/>> (Consultado el 12 de junio de 2017).p.26.
- SOTO, José J y CANTILLO, Víctor y ARELLANA, Víctor. Modelación híbrida para la elección de vehículos con energías alternativas. (2014) Pp. 300.
- [VILCACHAGUA Nuñez, Jorge](#). Tesis “Aspectos regulatorios a considerar en la incorporación de los vehículos eléctricos en el mercado eléctrico peruano”. (2013). [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas \(UPC\)](#)
- WANG Tingting y CHEN Cynthia. 2014. Impact of Fuel Price on Vehicle Miles Traveled (VMT): Do the poor respond in the same way as the rich? Transportation, 41(1), pp. 91-105.
- ZÚÑIGA Larco, Víctor Andrés. Tesis “PROPUESTA DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO PARA USO PRIVADO EN LIMA METROPOLITANA”. (2014) Pp. 107. Lima.

Anexo 3: Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>INDEPENDIENTE</p> <p>Rentabilidad de un vehículo híbrido Toyota yaris</p>	<p>Es la determinación de la viabilidad económica de la adquisición del vehículo híbrido Toyota Yaris, como medio de transporte público de pasajeros.</p>	<p>Se mide con los indicadores de consumo de combustible y de rentabilidad económica, como es el consumo específico de combustible (Km/Galón) y el tiempo de recuperación de capital, tasa interna de retorno, relación beneficio costo y el valor actual neto.</p>	<p>Consumo específico de combustible, TIR, VAN, B/C</p>	<p>Escala de medición: Nominal.</p>
<p>DEPENDIENTE:</p> <p>Transporte Público de Pasajeros Jaén – Aeropuerto Shumba</p>	<p>Es la forma de traslado desde el aeropuerto Shumba hasta la ciudad de Jaén, teniendo un viaje confortable, con medidas de seguridad, por parte de los turistas que llegan y salen de la ciudad de Jaén.</p>	<p>Se mide por el bienestar en el traslado de los pasajeros, en forma oportuna a una tarifa adecuada, dentro de vehículos híbridos de bajo consumo de combustible.</p>	<p>Tarifa, Seguridad, Confort,</p>	<p>Nominal.</p>

Anexo 4: Instrumento de recolección de datos.

### GUÍA DE OBSERVACIÓN 1

#### REGISTRO DE UNIDADES PARA EL TRANSPORTE DE PASAJEROS

Instrucciones: Realice el registro de las unidades vehiculares destinadas al transporte de pasajeros de vehículo convencionales en la ciudad de Jaén.

Ruta	Unidades para el Transporte de Pasajeros		
	Camioneta Rural	Camionetas	Automóviles
Jaén Pucará	15		5
Jaén - Chontalí			47
Jaén - Bellavista	10		36
Jaén - Las Pirias.		20	
Jaén - Huabal.			
Jaén - San José el Alto	6		7
Jaén - Caseríos	3	10	13
Jaén Santa Rosa	7		10
Jaén - San Felipe	2		
Jaén - Sallique	2		
Jaén - Pomahuaca			16
Jaén - Colasay	2		2
Total	47	30	136

## GUÍA DE OBSERVACIÓN 2

### REGISTRO DE TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE MOTORES EN VEHÍCULO HÍBRIDO

Instrucciones: Realice el registro del tiempo de funcionamiento de los motores de combustión interna y el motor eléctrico de 4 vehículos híbridos de prueba.

Vehículo de Prueba	Kilometraje	Funcionamiento de:	Tiempo de operación (Horas)				
			Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Vehículo 1	1345	Motor de Combustión Interna	5.6	5.8	6.2	5.6	6.1
		Motor Eléctrico	2.6	1.7	0.5	1.6	2.0
		Horas de funcionamiento Vehículo	8.2	7.5	6.7	7.2	8.1
Vehículo 2	3432	Motor de Combustión Interna	5.4	4.9	5.1	5.2	4.3
		Motor Eléctrico	1.3	2.3	1.7	2.5	1.5
		Horas de funcionamiento Vehículo	6.7	7.2	6.8	7.7	5.8
Vehículo 3	2343	Motor de Combustión Interna	4.1	4.3	3.9	4.2	4.7
		Motor Eléctrico	1.6	1.9	2.2	1.6	2.0
		Horas de funcionamiento Vehículo	5.7	6.2	6.1	5.8	6.7
Vehículo 4	5645	Motor de Combustión Interna	4.1	5.1	5.4	3.9	4.9
		Motor Eléctrico	1.3	1.7	1.9	1.7	1.9
		Horas de funcionamiento Vehículo	5.4	6.8	7.3	5.6	6.8