



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“PROPUESTA DE CONVERSIÓN DE UN VEHÍCULO  
ELÉCTRICO A HÍBRIDO SERIE”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO**

P R E S E N T A N:

**GALARZA MONDRAGÓN JOSÉ R**

**OLIVAR DE LA ROSA HÉCTOR**



DIRECTOR DE TESIS: M.I. ANTONIO ZEPEDA SÁNCHEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA,

2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco A Dios, Por Haberme Dado La Vida, Por Todo Lo Que Me A Dado, Por Estar Presente En Mis Días Tristes Y En Mis Días Felices, Y Por Haberme Dado Una Maravillosa Familia.

Agradezco A Mis Padres El Cariño, El Amor Y La Confianza Que En Mi Depositaron, Mi Existencia, El Buen Ejemplo Que Me Dieron La Pauta Para Distinguir Valor Y Precio, Por Ser Como Soy, Y Hacer De Mi Un Hombre De Provecho.

Agradezco A Mis Amigos Y Maestros... Aunque Mucho De Lo Que Escriba Esta Dicho...Lo Incondicional, La Honestidad, Lo Imparcial, Al Escuchar Y Al Expresar, El Compartir Los Sentimientos Más Profundos, La Complicidad De Ver La Vida, Esas Palabras... ¡Vamos! Aunque Sabemos Que Al Final Somos Iguales De Mustios. Agradezco, Y Se Que El Agradecimiento Es Mutuo.

GRACIAS

JOSE R.GALARZA MONDRAGON

## DEDICATORIAS

A Mis Padres Quienes Son Las Personas Que Más Admiro Y Respeto, A Mi Padre Quien Supo Hacer De Mi Un Hombre Responsable Gracias A Sus Consejos. A Mi Madre Quien A Sido Mi Consejera, La Fuente De Inspiración Y Un Ejemplo A Seguir Quien Se Merece Todo Mi Amor Y Respeto.

A Mi Hermano José Luis Quien Es La Persona Que Más Admiro Que Además De Ser Mi Hermano Es Mi Mejor Amigo Que Gracias A Él Pude Lograr Una Meta Mas En Mi Vida Algo Que Para Mí Era Como Un Sueño, Gracias Hermano Por Todo Tu Apoyo Tiempo Y Cariño Que Me Has Dado.

A Todas Mis Hermanas Que Son Muchas Gracias Por Todo El Amor, Cariño Y Apoyo Que Me Han Demostrado Quienes Son Para Mi Las Mejores Hermanas Que Dios Me Pudo Dar.

A Mis Hermosas Hijas Andrea Y Regina Quien Son La Razón De Mi Vida Que Han Sido El Mejor Regalo Que Dios Me A Dado, Son El Impulso Que Me Hace Seguir Adelante, Las Amo.

A Mis Maestros Y Amigos, En Especial Al M.I. Antonio Sánchez Zepeda Por Toda La Ayuda Y Apoyo Que Nos Brindo Para Que Esta Tesis Llegara A Su Culminación Final.

Al Ing. Mariano García Quien Me Impulso A Terminar Brindándome Asesoría Y Apoyo Quien Siempre Me Preguntaba Ya Cuando, Ya Esta Eso Cuando Presentas El Examen.

A Todos Mis Amigos Y Compañeros Que Gracias A Dios Son Demasiados Como Para Nombrarlos A Todos. A Mi Amigo Y Compañero Héctor Olivar De La Rosa, Quien A Sido Una Pieza Fundamental Para Que Este Trabajo Final Se Lograra.

Gracias

JOSÉ R. GALARZA MONDRAGON

## **PENSAMIENTOS**

Hay momentos en la vida en los que extraño tanto a algunas personas que quisiera sacarlas de mis sueños y envolverlas en un abrazo, se lo que deseo ser porque solamente tengo una vida y una oportunidad para hacer las cosas que debo lograr, tuve los suficientes tropiezos que me hicieron fuerte, la suficiente tristeza que me hizo humano, y la suficiente esperanza que me hizo feliz. y ahora que estoy a un paso de lograr uno de mis mayores anhelos quiero agradecer a mis padres por darme esta oportunidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias dios mío por darme esta oportunidad de existir y ver lo hermosa que es la vida, por tener una madre que me ama, el ser querido por mis hermanos y estimado por todas aquellas personas que tuvieron confianza en mí para lograr las metas cumplidas y por haber.

Gracias a mis hermanos Jorge, Bety, Melky, Reyna, Maru, que cada uno de ellos en forma diferente ayudaron a culminar esta meta que ahora está cerca, y muy en especial a uno de ellos que aunque ya no está conmigo se que desde donde él se encuentre siempre estará a mi lado gracias Vicky gracias por ser mi hermano, a ti, a mi padre y a mi madre que en tu nombre representa mi fortaleza para seguir adelante.

Agradezco a todos aquellos amigos y compañeros con los que he compartido grandes momentos a Jorge Araujo, Martín Reyes, Francisco Sánchez, Abraham Muñoz, Álvaro Contreras, Jorge García, y no podría faltar alguien que además de darme su apoyo incondicional, me ha brindado la oportunidad de asistir a los estadios, Charo Olivar, así como al equipo de futbol de la UDIATEM.

Finalmente y con todo respeto agradezco a mi asesor M.I Antonio Zepeda Sánchez por su ayuda en la elaboración de esta tesis no solo como profesor sino también como amigo ya que supo brindarme un poco de su tiempo y espacio en los momentos difíciles.

Gracias

Héctor Olivar de la Rosa



---

**INDICE**

<b>Introducción</b>	<b>i</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>EL VEHÍCULO HÍBRIDO ELÉCTRICO</b>
1.1 ¿Qué es un vehículo híbrido?	1
1.2 Configuraciones de vehículos híbridos eléctricos	1
1.2.1 Configuración en paralelo	1
1.2.2 Configuración en serie	2
1.3 Combinaciones de las fuentes motrices	3
1.3.1 El motor eléctrico como pieza fundamental para un vehículo híbrido	4
1.3.1.1 Motores de Corriente Continua	4
1.3.1.2 Motores de Corriente Alterna	4
1.4 Almacenamiento de la Energía	4
1.4.1 Baterías	5
1.4.2 Tipos de Baterías	6
1.5. El Sistema de Control	7
1.5.1 Modelo Paralelo con asistencia eléctrica	8
1.5.2 Modelo Paralelo con asistencia térmica	8
1.5.3 Modelo termo estático en serie	8
1.5.4 Modelo serie de carga a nivel	8



---

1.6	Principales Pérdidas de Energía en un Vehículo Híbrido Eléctrico (V.H.E)	11
1.7	Modelo de dos Vehículos Híbridos Disponibles en el Mercado	12
1.7.1	El Insight vs Prius	12
1.7.2	La Batería y El Tamaño del Motor Eléctrico	12
1.7.3	Sistema de Control en los dos Vehículos Híbridos	13
1.7.4	Sistema de Configuración Híbrido	14
1.7.5	Flujo de Energía en Estado Estacionario	16
1.7.6	Flujo de Energía a la Puesta en Marcha	17
1.7.7	Flujo de Energía Crucero (Energy Flow when Cruising)	19
1.7.8	El Flujo de Energía al Desacelerar	20

## **CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO DE REPARTO**

2.1	Especificaciones del vehículo eléctrico de reparto	23
2.2	Sistema de Dirección	24
2.2.1	Sistema de Dirección	24
2.2.1.1	Columna de Dirección	24
2.2.1.2	Engranaje de Dirección	24
2.3	Sistema de Suspensión	25
2.3.1	Brazo Auxiliar y Brazo Pitman	25
2.3.2	Inspección del Brazo Pitman	26
2.3.3	Bolsas de aire	26



2.3.3.1 Ventajas de la suspensión neumática	27
2.3.4 Rótulas	28
2.4 Sistema de tracción	28
2.4.1 Cadenas y Catarinas	28
2.4.2 Motor eléctrico de c.d. (7")	29
2.4.3 Reductor de velocidad	31
2.4.4 Carcaza	32
2.4.5 Flecha de tracción (Juntas homocinéticas)	33
2.5 Sistema de frenos	35
2.5.1 Frenos hidráulicos	35
2.5.2 Frenos de disco	35
2.5.2.1 Principales características de los frenos de disco	36
2.6 Sistema de estructura de chasis	37
2.7 Sistema de control	39
 <b>CAPÍTULO III DISEÑO Y ESPACIO PARA LAS CONFIGURACIONES</b>	
3.1 Primer propuesta de configuración	43
3.2 Segunda propuesta de configuración	47
3.3 Tercer propuesta de configuración	50
3.4 Montaje de la planta	51
3.5 Parámetros de evaluación en cada propuesta	52
3.6 Selección de la configuración del vehículo híbrido	52





Matríz de ponderación	54
Matríz de desición	55
<b>CAPÍTULO IV DISEÑO DE DETALLE</b>	
4.1 Conjunto del vehículo híbrido	58
4.1.1 Componentes del motor seleccionado para la propuesta	61
4.2 Diagrama de bloques de la configuración final	63
4.3 Cálculos que justifican el movimiento del vehículo a una velocidad máxima con carga 40 km/h.	64
4.4 Cálculos que justifican el motor de combustión interna	65
4.5 Consideraciones para el diseño	66
4.6 Especificaciones finales del vehículo híbrido	67
4.7 Costos	68
<b>CONCLUSIONES</b>	72
<b>APÉNDICE</b>	74
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	76



## **INTRODUCCIÓN**

La necesidad de construir vehículos cada vez más limpios ha impulsado el desarrollo de soluciones innovadoras y eficaces para la reducción del uso de fuentes de energía no renovables y, además, contaminantes. Los vehículos híbridos representan algunos de los principales saltos tecnológicos de los últimos años en este sentido.

El uso de vehículos híbridos tiene dos ventajas principales: la reducción de emisiones contaminantes y el ahorro de combustible ambos se consiguen gracias, principalmente, a las estrategias de recuperación de energía.

Otra de las ventajas del vehículo híbrido es su uso más silencioso en ciudad, donde el mayor impacto negativo sobre la calidad de vida tiene la contaminación acústica.

Por definición, un vehículo híbrido es aquel cuya propulsión se realiza utilizando dos tipos diferentes de fuentes de energía. En la práctica, se pueden dar diferentes combinaciones energéticas duales: motor eléctrico que se alimenta de la energía de baterías conectadas a un motor de combustión interna, una turbina de gas combinada con un motor eléctrico alimentado con baterías, un motor de combustión combinado con otro eléctrico, etcétera. Los vehículos híbridos que se comercializan en la actualidad y que han superado la fase de prototipo utilizan un motor eléctrico y otro de combustión interna o convencional. El origen de la energía utilizada para la propulsión sería por tanto dual: el depósito de combustible alimentaría al motor de combustión convencional y la batería al motor eléctrico. De esta manera, en teoría, se podría usar el motor eléctrico para circular en zonas urbanas sin consumir combustible y evitando las emisiones nocivas (gases, ruido...), y el motor de combustión para zonas interurbanas.

Por tal motivo, el uso de vehículos híbridos, surge como parte de la solución al problema planteado. Evidentemente, las limitaciones de estos vehículos juegan un papel importante para su consumo; aunque se pone de manifiesto una cultura ambiental que tomará mayor auge en los próximos años.

Por consiguiente, a lo largo de este contexto se explica el proceso del diseño del vehículo híbrido eléctrico, mediante el ordenamiento y la planeación de la actividad creativa, utilizando la información técnica para ser aplicada al vehículo que se presenta.



### **Definición del tipo de vehículo**

Dado que la necesidad a satisfacer será la de transportar carga en el centro de la ciudad, las características principales del vehículo deberán estar centradas en poseer una estructura resistente junto con una motorización que permita cubrir la zona céntrica de la ciudad. Lo anterior, significa que el vehículo se moverá a bajas velocidades (menores que 60[km/h]). Estas características simplifican la tecnología del vehículo la cual basa su sistema motriz en dos motores de corriente continua de transmisión directa, el que será alimentado con baterías de plomo-ácido.

La capacidad de carga deberá estar en aproximadamente 1 Ton., además de poder transportar cómodamente en la cabina un conductor y su acompañante, éste último es necesario para las labores de carga y descarga.

### **Descripción de la estructura del trabajo**

De este modo, en el capítulo uno se muestra la descripción de algunos conceptos importantes en relación a la composición y configuración de los vehículos híbridos.

También se tratará de abarcar la configuración de dos primeros modelos existentes en el mercado (Honda y Toyota), con la finalidad de entender mejor los principios aplicados y con argumentos posibles para el desarrollo del vehículo híbrido el cual se pretende.

Subsecuentemente, en el capítulo dos se muestran las especificaciones del vehículo eléctrico de reparto, es decir, la descripción de cada uno de los componentes con los cuales cuenta hasta el momento, tales como son: carrocería, chasis, dirección, suspensión, tren motriz y sistema eléctrico así como algunas de las posibles mejoras en cada uno de los mismos.

En el capítulo tres se plantean las propuestas de las posibles configuraciones para el vehículo híbrido eléctrico, proporcionando un razonamiento en base a los datos analizados de los elementos y las especificaciones mencionadas en los capítulos anteriores. Es por eso, que se describe cada componente de cada configuración para ver las ventajas y desventajas que presentan, pretendiendo conseguir un resultado que muestre un panorama cabal, mediante el análisis de los conceptos previamente adquiridos, así como el criterio definido por el grupo de trabajo para la toma de decisiones. De esta manera, son evaluadas las propuestas con la finalidad de obtener la mas apropiada a las necesidades requeridas.

Una vez definidas las propuestas y seleccionada una de éstas, el capítulo cuatro se inicia con el diseño de la configuración escogida, generando una opción de solución con arreglos de los elementos mecánicos a emplear. De esta manera, se desarrolla el diseño de detalle en los subtemas del presente capítulo.



### **Objetivos**

Realizar la propuesta de diseño para la conversión de un vehículo eléctrico a híbrido serie.

### **Hipótesis**

Los automóviles convencionales pueden ser menos contaminantes, utilizando nuevas tecnologías, por ejemplo, la combinación de un motor de combustión interna con un motor eléctrico y generador eléctrico.

### **Delimitaciones**

Nuestra tesis estudiará el funcionamiento del motor de un automóvil convencional hasta las nuevas tecnologías optando por las más convenientes para reducir los índices de contaminación.



# Capítulo 1

## EL VEHÍCULO HÍBRIDO ELÉCTRICO

### 1.1 ¿Qué es un Vehículo Híbrido?

Un vehículo híbrido, utiliza una combinación de dos fuentes de energía para su movimiento. Una de estas fuentes se basa en un motor eléctrico, y la otra es basada en un motor térmico de cualquiera de los modelos conocidos hasta ahora, como son motores diesel, gasolina, turbinas de gas, y de todos los tipos o modelos existentes en el mercado.

El modo fundamental en el cual se almacena la energía eléctrica, es también una de las características principales de los vehículos, por tal motivo es uno de los campos en los que más se está trabajando para su desarrollo e investigación en los últimos años. Debido al estado de la tecnología resulta complicado almacenar grandes cantidades de energía eléctrica por lo que la fuente principal será el combustible para alimentar el motor térmico, que al producir energía gracias a la combustión podremos almacenar una mayor cantidad de energía en un volumen más pequeño.

### 1.2 Configuraciones de Vehículos Híbridos Eléctricos

Un vehículo híbrido eléctrico es aquel que para su propulsión utiliza una combinación de dos sistemas, que a su vez consumen fuentes de energía diferentes. Uno de los sistemas es el generador de la energía eléctrica, que consiste en un motor de combustión interna de alta eficiencia, combinado con volantes de inercia, ultra condensadores o baterías eléctricas. El otro sistema está compuesto por la batería eléctrica y los moto-generadores instalados en las ruedas.

Existen dos diferentes formas de montar los sistemas: la configuración en paralelo y la configuración en serie.

#### 1.2.1 Configuración en paralelo

Un vehículo híbrido de configuración paralelo se caracteriza porque el motor térmico y el motor eléctrico están acoplados entre sí y con la transmisión mecánica a las ruedas. Ambos motores, térmico y eléctrico pueden trabajar simultáneamente contribuyendo al movimiento del vehículo o de forma tal que el motor térmico mueva el generador eléctrico, mientras que el motor eléctrico funcione como generador, extrayendo energía de las llantas para cargar las baterías. El motor térmico puede entonces contribuir directamente a la transmisión de potencia a las ruedas, como en un automóvil convencional actual, o mover al generador que produce la electricidad que carga las baterías. Este tipo de configuración, la configuración paralela, a diferencia de la configuración en serie debe ser capaz de soportar diversos modos de funcionamiento y de suministrar mayor potencia. En la figura 1.1 se muestra la configuración en paralelo así como los principales sistemas que lo integran.

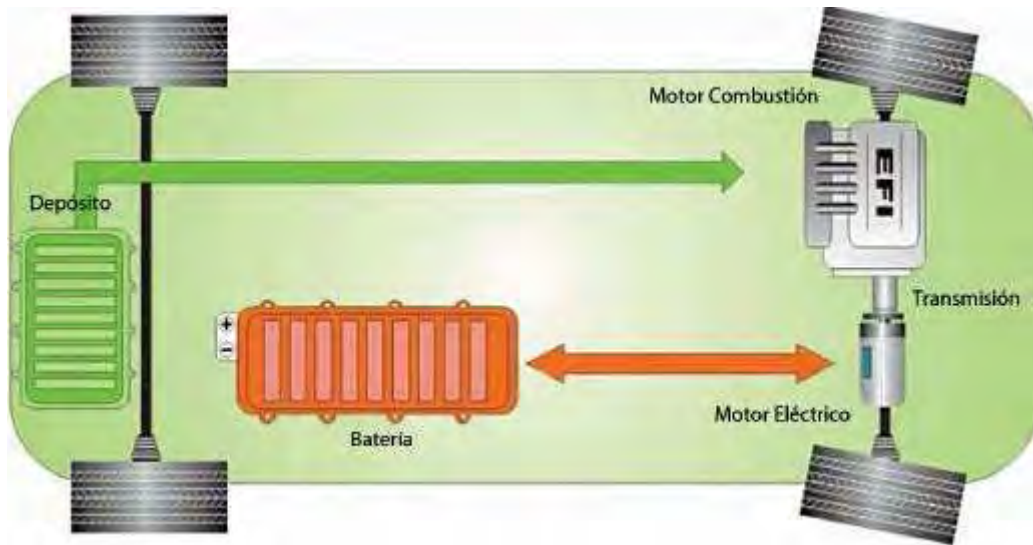


Fig. 1.1 Arquitectura en paralelo

Para este tipo de configuración en paralelo se destacan las ventajas que se mencionan a continuación:

- El vehículo será más potente debido que ambos motores pueden trabajar juntos simultáneamente, tanto el eléctrico como el térmico.
- La mayoría de los vehículos configurados de esta manera no necesitan un generador, lo cual constituye a un ahorro en cuanto al costo y espacio.
- La potencia ejercida por el motor va directamente transmitida a las ruedas. Por lo que todo el conjunto puede ser más eficiente.

### 1.2.2 Configuración en Serie

Un vehículo híbrido de configuración **serie** se caracteriza, por que, el motor térmico se emplea únicamente para generar la energía eléctrica que recargue el banco de baterías y que luego es consumida por el motor eléctrico. En este tipo de configuración el motor térmico se conecta a un generador que nos proporciona la energía suficiente para la marcha normal del vehículo. En esta configuración, el trabajo es generado únicamente por el motor eléctrico. En la figura 1.2 pueden observarse los elementos que integran este tipo de configuración.

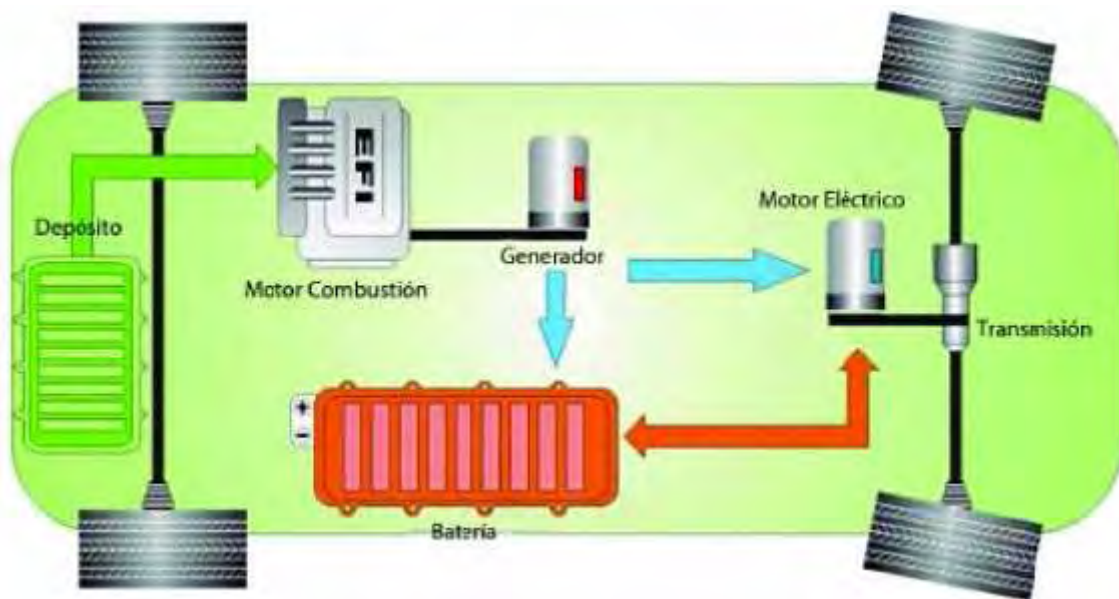


Fig. 1.2 Arquitectura en serie

En estos vehículos sólo el motor o los motores eléctricos tienen que transmitir el movimiento a las ruedas. Si se usa un solo motor eléctrico hace falta un diferencial para compensar la desigualdad de esa velocidad lineal de las ruedas en las curvas, pero si se usan dos motores o incluso cuatro, uno en cada rueda, no hace falta diferencial con lo que se simplifica la parte mecánica pero se complica el control. No hace falta caja de cambios ya que se puede controlar totalmente la velocidad del motor, pero sí se suelen usar reductores fijos para adaptar las revoluciones y par del motor al eje motriz.

Las principales ventajas que se destacan para la configuración en serie son:

- El motor térmico no trabaja nunca al vacío, reduciendo así las emisiones contaminantes.
- El grupo motor - generador trabaja en el punto para el que ha sido diseñado, lográndose un rendimiento óptimo.
- Se permite una gran variedad de emplazamientos del grupo motor-generador, motor, ya que no es necesaria una transmisión mecánica motor térmico – ruedas.
- En algunos casos podemos evitarnos la transmisión, eliminando así una de las causas que reducen la eficiencia del sistema.
- Modos de funcionamiento: El motor térmico puede estar trabajando o no y el motor eléctrico puede estar en carga o en descarga.

### 1.3 Combinaciones de las Fuentes Motrices

Existen diversas formas de hacer combinaciones de fuentes motrices, la combinación se realiza de acuerdo a la configuración que se halla elegido. Las principales combinaciones que destacan son:



- Motor eléctrico y Térmico generando potencia para las ruedas
- Motor eléctrico generando potencia, y motor térmico en reposo
- Motor térmico generando y motor eléctrico cargando las baterías
- Motor térmico en reposo y motor eléctrico cargando las baterías.

### **1.3.1 El motor eléctrico como pieza fundamental para un vehículo híbrido.**

Las dos posibilidades existentes en cuanto a motores eléctricos son, el uso de la corriente continua o de la corriente alterna. Dejando al margen los problemas relativos a la transformación de la energía eléctrica almacenada, y al formato necesario para su uso en función del motor que queramos utilizar, vemos que las eficiencias de los dos tipos de motores antes nombrados se comportan de la siguiente manera:

#### **1.3.1.1 Motores de Corriente Continua**

Este es el tipo de motores utilizados en el pasado para las aplicaciones de velocidad variable con motores eléctricos. Sin embargo, gracias al desarrollo de la electrónica de potencia se están imponiendo en la actualidad los motores de corriente alterna. El control de los motores de corriente continua se realiza de forma fácil y sencilla, por lo que los controladores son muy baratos. Sin embargo los motores de corriente continua son muy grandes y pesados.

#### **1.3.1.2 Motores de Corriente Alterna**

Los motores de corriente alterna necesitan para su manejo y control a velocidad variable, instrumentos de electrónica de potencia que logren variar la frecuencia de la señal que le llega al motor. Por lo tanto los controladores para este tipo de motores son, por lo general más caros que los de corriente continua.

La tendencia de usar motores de corriente alterna es gracias al avance en la electrónica de potencia, y se puede tener en cuenta que son de menor tamaño para la misma potencia así como menor peso, el mantenimiento es prácticamente nulo y poseen un rendimiento mucho mayor.

### **1.4 Almacenamiento de la Energía**

Los sistemas para almacenar energía eléctrica son en la actualidad el gran problema que presentan los vehículos eléctricos. Con los sistemas existentes actualmente la autonomía de los vehículos eléctricos queda muy reducida. Además la recarga de las baterías (es el medio mas utilizado hasta ahora) el cual lleva bastante tiempo, lo que hace incomodo su uso. El almacenaje de energía eléctrica ocupa un gran espacio en el interior del vehículo y por lo general son sistemas muy pesados. En la actualidad ningún sistema resulta tan eficiente a la hora de almacenar la energía como los combustibles líquidos.





Esta es una de las principales ventajas de los vehículos híbridos, que combinan la alta capacidad energética de los combustibles fósiles con las ventajas de los vehículos eléctricos en cuanto a economía y máxima eficiencia.

### 1.4.1 Baterías

Las baterías son el sistema clásico de almacenamiento de energía. En ellas se utilizan reacciones químicas reversibles.

*Ventajas:* La tecnología de desarrollo de las baterías es una tecnología madura en comparación con las otras opciones mencionadas.

*Desventajas:* Las baterías formadas por nuevas aleaciones son extremadamente caras y completamente inviables para su comercialización en la actualidad. Además la mayoría de las baterías tienen un ciclo de vida mucho más corta que la del conjunto de coche en donde las situamos.

Para las baterías de tracción se disponía realmente de dos tipos:

- 1.- Plomo-ácido: barata y fiable pero pesada y de baja capacidad.
- 2.- Níquel-Cadmio: Más costosa pero su mayor rendimiento y potencia específica la hacen más eficiente.

En la siguiente tabla 1.3 se representan algunas de las características esenciales en cuanto a su especificación técnica se refiere.

Tabla 1.3 Síntesis de datos de algunas baterías

Características	Unidad	Pb/ácido	Ni/MH	Li/ión
Energía esp.	Wh/Kg	50	70	120
Potencia esp.	W/Kg	350	180	300
Tiempo vida	Ciclos	800	1.000	1.200
Carga rápida	kWh	NO	50% 0.5 h	Estudio
Reciclabilidad	-----	SI	SI	Estudio
Costo	Euros	120	540	700
Rendimiento	-----	0.8	0.75	0.9

Posteriormente en la tabla 1.4 podemos observar tipos de baterías existentes en el mercado, así como algunas de sus aplicaciones más comunes.



**1.4.2 Tipos de Baterías**

Tabla 1.4 Diferentes tipos de baterías, así como algunas de sus aplicaciones

<b>TIPO DE BATERIA</b>	<b>Energía específica(Wh/Kg)</b>	<b>Potencia específica(W/Kg)</b>	<b>carga/descarga(ciclos)</b>	<b>Eficiencia (%)</b>	<b>Aplicaciones Principales</b>
<b>Carbono/ Zinc</b>	65	*****	*****	*****	Linternas, Transistores, juguetes y juegos
<b>Litio</b>	260	*****	*****	*****	calculadoras, abridoras de puerta de garaje, equipo fotográfico
<b>Zinc/acido</b>	100	100	*****	50	Lámparas, Juguetes, Equipos médicos
<b>Plomo/Acido</b>	35	100	300-400	70-80	Coches, suministros de energía de emergencia
<b>Ion Li</b>	200	300	>1000	98	Artículos electrónicos, Productos electrónicos portátiles
<b>Ni-hidruro</b>	100	200	500	75	Productos electrónicos portátiles
<b>Ni-Cd</b>	1000	50	1000-3000	60-85	Juguetes, Lámparas, artículos electrónicos, equipo electrónico portátil
<b>Azufre y Sodio</b>	150	170	1000	60-90	*****
<b>Na/NiCl2</b>	90	110	>110	90	*****
<b>Polimero</b>	200	400	100	60	Productos electrónicos portátiles

\*\*\*\*\* SRD sin registro de datos



### 1.5 El Sistema de Control

El mecanismo para el control del motor eléctrico, es una de las piezas fundamentales para cualquier vehículo híbrido, debe ser capaz de estabilizar la electricidad o de regular la potencia mecánica de manera que se ajuste rápidamente a las necesidades del automóvil. Además debe de hacerlo de tal forma que su eficiencia sea incrementada.

Para el sistema eléctrico de propulsión es el controlador del motor el que regula el potencial y la intensidad que se le hace llegar al motor. Tomando una señal del acelerador debe ser capaz de interpretar lo que se le pide al vehículo y actuar en consecuencia. Por ejemplo, durante la bajada de un puerto con nuestro vehículo el motor debe actuar frenando el vehículo y almacenando la energía cinética del mismo en energía eléctrica.

El sistema de control es necesario para llevar a cabo el funcionamiento apropiado para cumplir con el objetivo, el cual tiene como misión de regular el funcionamiento de los dos motores de nuestro vehículo, es decir, mandar la señal a cada motor para que entren en marcha y cuando deben parar.

La principal estrategia del sistema de control del vehículo, es que tiene que tomar en cuenta las características de los sistemas de almacenamiento de electricidad y de los motores que tenga instalados el vehículo. Es importante conocer el estado de todas las variables que influyan en su control y, finalmente utilizar una estrategia que de prioridad a unos u otros factores para generar unos flujos de potencia de acuerdo con los requerimientos del usuario.

Para las posibles estrategias de control de un vehículo, se tiene que encontrar una estrategia que cumpla con los requisitos del objetivo planteado.

Las siguientes son condiciones deseables en un controlador de alta eficiencia

- Que tenga una respuesta suave y rápida a las operaciones del conductor al momento de variar velocidad, logrando así comodidad y seguridad.
- Que existan mínimas pérdidas entre las baterías y el motor, para lograr una máxima autonomía.
- Protecciones contra sobre carga, para proteger los motores, la transmisión y a si mismo.
- Capacidad de regeneración, como ayuda al sistema de freno e incremento de autonomía.
- Ahorre la mayor cantidad de combustible.
- Haga mínimas las emisiones de contaminantes.

Para lograr que se cumpla lo estipulado anteriormente, se tiene que diseñar conjuntamente los parámetros de funcionamiento y los motores de tal forma que estén perfectamente compenetrados entre sí.

A continuación se hará mención de algunos ejemplos en los cuales se pueden apreciar la gran cantidad de posibilidades que tenemos:



### 1.5.1 Modelo Paralelo con asistencia eléctrica

Este modelo utiliza como fuente principal de energía mecánica el motor térmico. El motor eléctrico trabaja únicamente como una ayuda al motor térmico para que aumente la potencia en los momentos en que sea necesario. Liberando al motor térmico de trabajar en zonas muy ineficientes.

### 1.5.2 Modelo Paralelo con asistencia térmica

En este caso el motor eléctrico funciona como motor principal, dejando que el motor térmico únicamente se encienda en los momentos de máxima carga o cuando las baterías se han descargado. Este es el sistema que más utiliza la energía eléctrica, y por tanto suele ser el más económico, a no ser que el motor, al encenderse tenga que estar trabajando mucho tiempo a elevadas cargas, ya que entonces los motores resultan muy ineficientes.

### 1.5.3 Modelo termo estático en serie

El objetivo de este modelo es el de trabajar con energía eléctrica, mientras que las baterías se descarguen hasta que llegue un punto de baja carga en el que el motor térmico y el generador se enciendan cargando la batería hasta que el nivel vuelva a ser alto. Momento en que el generador se apaga. El nombre de este sistema de control proviene de la afinidad que posee con los termostatos utilizados en la climatización. La principal ventaja de este sistema es que si el motor térmico está bien dimensionado puede permanecer todo el rato en sus condiciones de funcionamiento óptimas, es decir, con la mayor eficiencia.

### 1.5.4 Modelo serie de carga a nivel

Este modelo pretende suministrar la potencia media requerida por el motor gracias al motor térmico y utilizar el motor eléctrico para suministrar los picos de corriente que requiere el motor. La ventaja de este tipo de vehículo híbrido es que el tamaño de las baterías puede ser relativamente pequeño. Y su desventaja es que el motor térmico tiene que trabajar en gran cantidad de puntos de funcionamiento y esto hace que se pierda eficiencia.

Tendremos un nuevo campo de posibilidades como por ejemplo que el coche aprenda nuestra forma de conducción de tal forma que se minimice el consumo de combustible, o también podremos programar el coche para que se caliente unos minutos antes de la puesta en marcha, para hacernos más cómodos los primeros minutos de marcha. Finalmente se podría alternar el modo de conducción entre los siguientes estados:

- Para la gente que quiera ahorrar combustible se puede programar la conducción de tal manera que los distintos componentes se encuentren en la zona de máxima eficiencia la mayor parte del tiempo.



- Si estamos en el caso de trayectos largos, se puede ordenar al vehículo que comience a cargar las baterías antes de que se gasten del todo, para poder así tener una reserva de energía para cuando sea necesario. O si se trata de un vehículo usado generalmente en ciudad se debería programar de tal forma que funcione de forma eléctrica la mayor parte del tiempo, utilizando el motor térmico únicamente cuando el eléctrico se hubiese descargado o en trayectos largos. Esto haría que el coche se comportase a diario como un coche eléctrico, que podríamos recargar a través de la red.

En la tabla 1.5 podemos observar claramente algunas comparaciones entre tres tipos de vehículos para con ello poder analizar algunas ventajas y desventajas que tienen uno con respecto a otro.



Tabla 1.5 Comparación de tres tipos de vehículos; el Vehículo Híbrido Eléctrico (V.H.E) ,el vehículo híbrido (V.H) y el Vehículo Convencional.

<b>Principales Ventajas de los Vehículos Híbridos.</b>	<b>Ventajas de los V.H. con respecto a los V.E.</b>	<b>Principales ventajas de los V.H. con respecto a los Vehículos Convencionales</b>
Frenada regenerativa, que contribuye a minimizar la energía perdida en las frenadas habituales de la conducción.	Incremento de autonomía, ya que esta depende del combustible almacenado en el tanque.	Son capaces de conseguir una eficiencia posible, lo que se consigue por la supresión de la mayor parte de las pérdidas de potencia que se producen en los vehículos tradicionales.
Motor térmico más pequeño	Alto y uniforme rendimiento incluso a bajas temperaturas	Sistema de frenado tiene a su vez capacidad regenerativa de la potencia absorbida, lo que reduce las pérdidas de eficiencia.
Gran disminución en el consumo, que puede llegar al 50% del consumo normal de un vehículo.	La unidad auxiliar no funciona continuamente, ya que se desactiva automáticamente cuando no es necesaria.	El motor se dimensiona solo para una potencia promedio, ya los picos de potencia los proporciona la fuente de energía alternativa. Esto además permite que el motor funcione siempre en su punto óptimo o muy cerca de él. Por ello su eficiencia resulta doblada, pudiéndose aligerar el peso y volumen hasta en un 90%.
Gran descenso en las emisiones contaminantes	Se elimina la necesidad de recargar las baterías cuando estas se agotan	El motor puede desactivarse durante la marcha cuando no se necesita
Empleo de combustibles alternativos	El motor de combustión interna funciona bajo un estrecho margen de carga y velocidad, lo que incrementa su eficiencia.	Eficiencia del combustible se incrementa notablemente, lo que se traduce en reducción de las emisiones.



En la tabla 1.6 podemos observar de manera más específica algunos de los elementos importantes que se pueden relacionar entre lo que es un vehículo híbrido eléctrico y un vehículo de combustión interna en su totalidad.

Tabla 1.6 Comparación entre un Vehículo Híbrido Eléctrico (V.H.E) y un V. Convencional

Perdidas / Fuentes de Energía	Vehículo Híbrido Eléctrico (V.H.E)	Motor de Combustión Interna Convencional
Combustible	100%	100%
Perdidas por transmisión	-6%	-6%
Perdidas en el motor	0%	-11%
Perdidas por ociosidad	-30%	-65%
Requerimientos de accesorios	-2%	-2%
Freno regenerativo	4%	0%
Energía Total remanente	66%	16%

### 1.6 Principales Perdidas de Energía en un Vehículo Híbrido Eléctrico (V.H.E)

Empezaremos por analizar las pérdidas de energía de un vehículo de combustión interna convencional. La energía proporcionada por el combustible se pierde en su mayor parte en el motor térmico que pierde el 65% de la energía en forma de calor que como mucho se aprovecha para la calefacción interior de vehículo.

Otras causas de la pérdida de energía son los engranajes de la transmisión, que debido a su complicación tienen unas pérdidas considerables 6%, a los accesorios del vehículo, como son los faros, radio, estos consumen el 2%. Hay que tener en cuenta que el aire acondicionado del vehículo elevaría mucho el consumo al estar conectado. Además en la circulación normal por la ciudad se producen unos tiempos en los que el motor está encendido sin producir trabajo útil con lo que se generan unas pérdidas que podemos cifrar en torno al 11%.

Como conclusión se observa que la cantidad de la energía del combustible que en realidad se emplea para mover un vehículo es el 16% de la suministrada por el combustible. Como se puede observar el vehículo convencional dista mucho de ser un sistema eficiente.

Al realizar una comparación de las principales perdidas de energía, con los datos vistos anteriormente del vehículo convencional, con respecto a un vehículo híbrido de configuración en *serie*, se puede observar que el ahorro que se produce es de aproximadamente el 50% del total del combustible que se gasta en el primero de los casos; es decir, que se consume la mitad del combustible para el mismo trabajo realizado.



En este caso pese a que el trabajo que llega a las ruedas es el mismo, tenemos un considerable ahorro debido sobre todo a que los frenos nos devuelven energía al actuar. El motor térmico trabaja en un régimen constante independientemente de la velocidad del coche, eliminando los gastos cuando el motor se encuentra encendido y el coche en marcha. De acuerdo con la comparación, podemos reafirmar que al utilizar la configuración en serie en un vehículo híbrido, se puede lograr un ahorro del 50% en cuanto al combustible, así pues, de ser posible utilizar un motor eficiente en esas condiciones, se puede lograr que los contaminantes emitidos sean casi nulos.

### 1.7 Modelo de dos Vehículos Híbridos Disponibles en el Mercado

#### 1.7.1 El Insight vs. Prius

En ambos automóviles, se usa el motor eléctrico y el motor a gasolina juntos durante la demanda de poder máxima, como cuando se acelera o se sube una colina.

En los dos automóviles apagan el motor de gasolina cuando no es necesario, como cuando paras ante un semáforo.

En el Insight y el Prius las baterías son cargadas por la regeneración del freno y cuando es necesario del motor de gasolina.

#### 1.7.2 La Batería y el Tamaño del Motor Eléctrico

Un motor térmico permite mas confianza en la energía temporalmente almacenada en el banco de baterías, la tabla 1.7 muestra el tipo de baterías y sus especificaciones técnicas en cada uno de ellos ,sin embargo el incremento en el peso del carro significa que mas energía es gastada al mover el vehiculo, debido al peso extra de su alrededor.

Ingenieros de Toyota escogieron un banco de baterías más grande y el motor eléctrico, en parte porque el cuerpo de acero del Prius y hechura lo hacen más pesado y en parte permite solo la aceleración inicial de la energía eléctrica.

Tabla 1.7 Baterías en el Insight y el prius

ESPECIFICACIONES DEL BANCO DE BATERIAS			
	Insight	Prius	Units
TIPO DE BATERIA	Ni-MH	Ni-MH	*
VOLTAJE NOMINAL	1,2	1,2	V
Rated capacity	6,5	6,5	Ah
Celdas por Módulo	6	6	*
Número de Módulos	20	38	*
Total de Voltaje	144	273,6	V
Almacenamiento de energía Nominal	936	1778	Wh
Masa del Modulo	1,09	1,04	Kg
Masa del paquete	35,2	53,3	Kg





### 1.7.3 Sistema de Control en los dos Vehículos Híbridos

En el Insight de Honda el sistema de control está localizado en la parte posterior del auto, junto al banco de baterías mostrado en la fig. 1.8.



Fig.1.8 Vista del interior del cofre del Insight de Honda

Para el caso del Prius, la caja plateada contiene los circuitos del sistema de control híbrido, como lo demuestra la fig. 1.9



Fig.1.9 Vista del interior del cofre del Prius de Toyota



### 1.7.4 Sistema De Configuración Híbrido

Ingenieros de Honda y Toyota eligieron diferentes configuraciones de motor eléctrico, generador y transmisión.

#### a) Insight

El Insight usa una simple combinación de motor/generador que lleva a cabo los siguientes propósitos:

- Proveer propulsión a las ruedas
- Recargar las baterías desde las ruedas durante el frenado regenerativo.
- Recargar la batería desde el motor de gasolina
- Arrancar y parar el motor de gasolina

Este motor generador se conecta en el lado final del motor de gasolina y en la otra parte final de la transmisión.

Esto permite ofrecer dos transmisiones una de 5 velocidades transmisión manual y una continuamente variable (CVT) transmisión automática.

En la Figura 1.10 se observa su sistema de configuración.

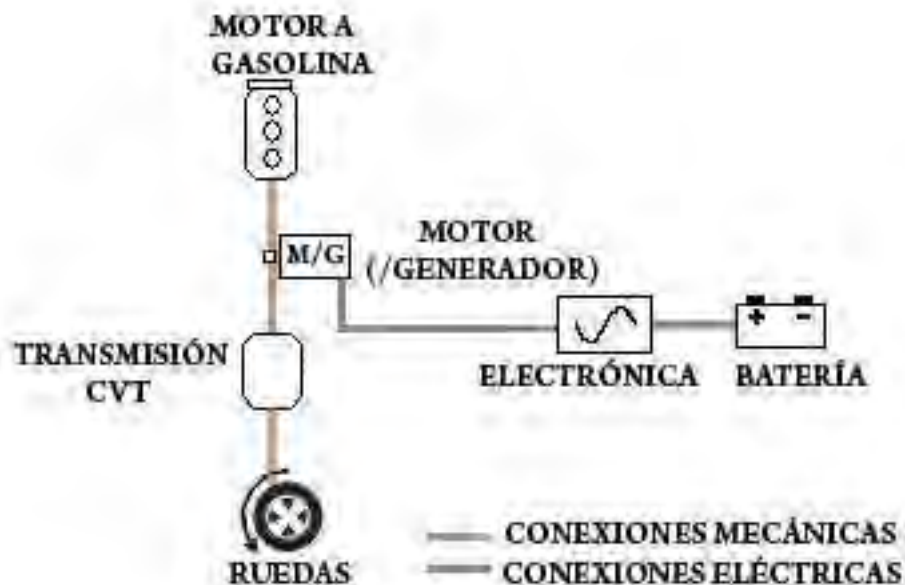


Fig1.10 Transmisión CVT del Insight de Honda



## b) Prius

El Prius por otro lado usa dos motor /generadores.

El motor/generador "M" es conectado a las ruedas (via diferencial y engranaje de reducción) y es utilizado para:

- Proveer propulsión a las ruedas.
- Recargar la batería desde las ruedas durante el frenado regenerativo.

El Prius usa un engranaje planetario como un dispositivo del poder que proporciona una conexión de tres maneras entre las ruedas (y motor/generador "M"), el motor de gasolina, y generador/motor "G". Juntos, este sistema además forma la transmisión continuamente variable del Prius.

El generador/motor "G" es usado para:

- Recargar la batería desde el motor de gasolina.
- Arrancar y parar el motor de gasolina.

En el caso de la configuración del Prius sus componentes se muestran en la Figura 1.11.

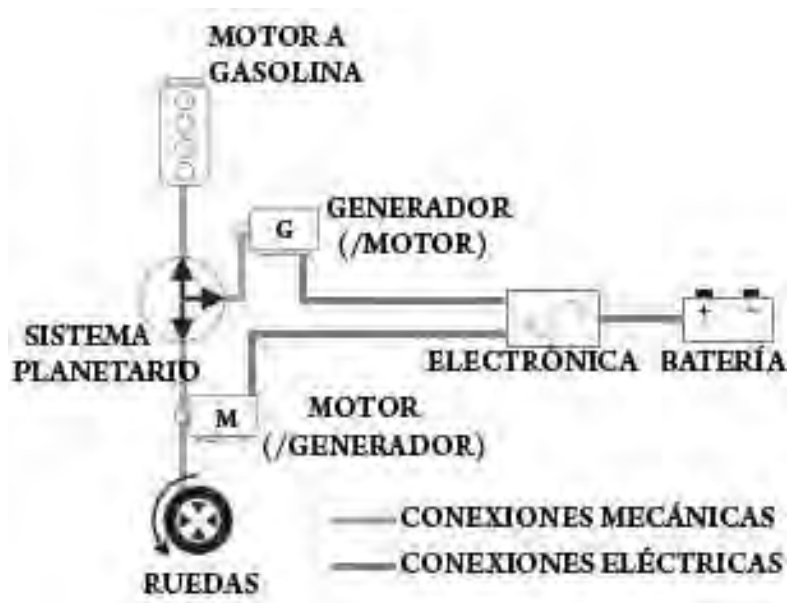
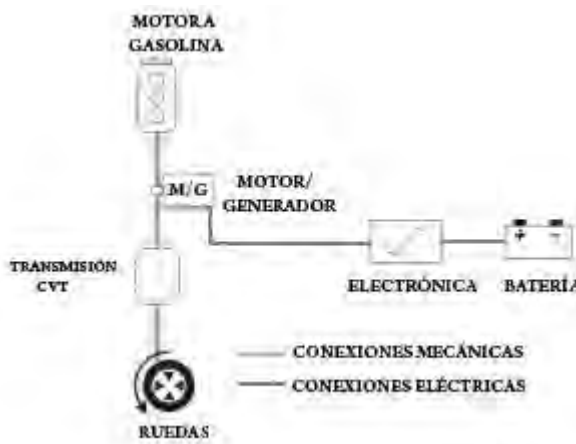


Fig.1.11 Transmisión de engranes planetarios del Prius de Toyota



### 1.7.5 Flujo de Energía en Estado Estacionario

a) Insight



b) Prius

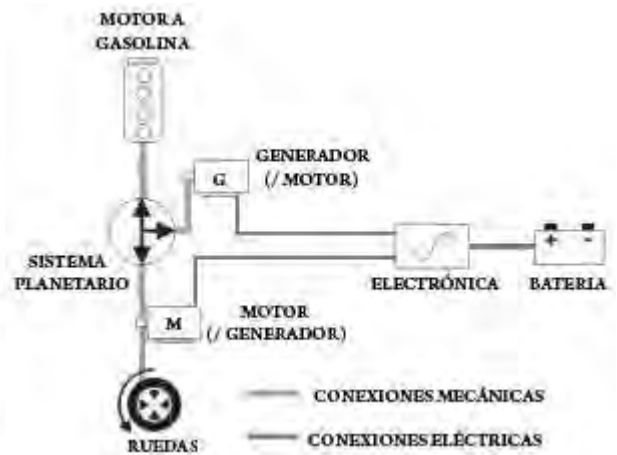


Fig. 1.12 Flujo de energía en el Insight

Fig.1.13 Flujo de energía en el Prius

En ambos casos, fig. 1.12 y fig. 1.13 el motor a gasolina está apagado cuando el vehículo está parado, así como si estuviera ante un semáforo. Así como tal no hay flujo de energía en el sistema. La excepción es cuando la carga de las baterías es baja, en el caso de ambos automóviles el motor a gasolina arranca y provee de recarga a las baterías.



### 1.7.6 Flujo de Energía a la Puesta en Marcha

#### a) Insight



Fig. 1.14 Flujo de Energía a la Puesta en Marcha del Insight

Cuando se pisa el pedal del acelerador, el insight instantáneamente arranca el motor a gasolina. Esta salida instantánea es desempeñada usando el motor eléctrico como un poderoso motor de arranque, con energía que viene del alto voltaje, fig. 1.14, generado por el banco de baterías.



b) Prius

Cuando el Prius empieza el movimiento la energía de la batería es usada por el motor eléctrico "M" para mover las ruedas y poner el automóvil en movimiento, desde que el motor de gasolina no está moviéndose todavía, todo el movimiento del lado de la rueda del engranaje planetario se dirige hacia el generador/motor "G." Bajo la salida inicial cuando la demanda de poder es relativamente baja, el Prius seguirá el poder eléctrico exclusivamente del almacenamiento de la batería temporal. Cuando la demanda de poder es más alta, normalmente entre 13 y 25 mph, el motor de gasolina del Prius arrancara. Esto se hace dirigiendo la energía de la batería al motor/generador "G", para aumentar su velocidad. Como el Prius no tiene ningún engranaje inverso físico, la marcha atrás se hace exclusivamente en el poder eléctrico. Éste es el mismo flujo de poder como la salida de la inicial a, pero el motor "M" está volviéndose en la dirección opuesta. En la Fig. 1.15 se puede observar tal descripción.

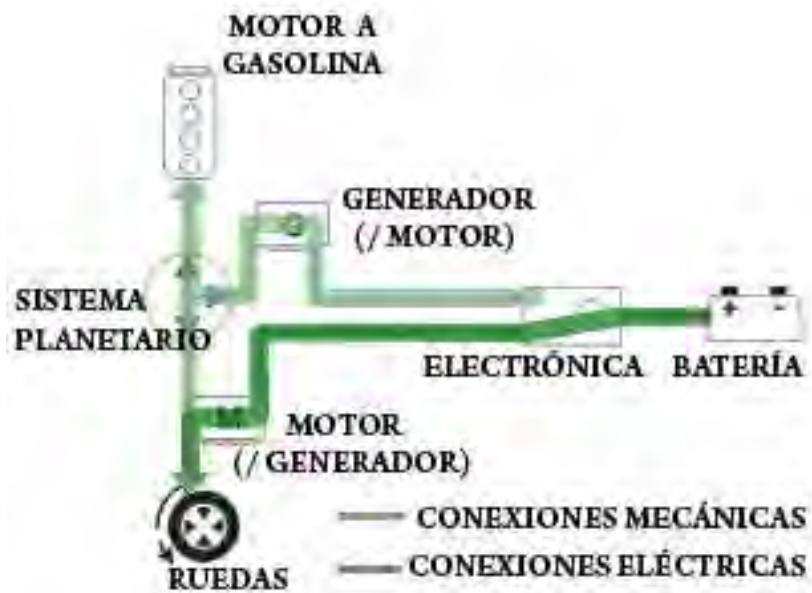


Fig.1.15 Flujo de Energía a la Puesta en Marcha del Prius



### 1.7.7 El Flujo de Energía a Velocidad Crucero (Energy Flow When Cruising)

a) Insight

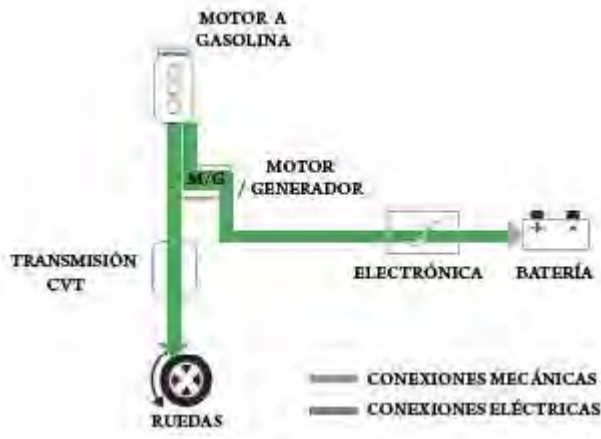


Fig. 1.16 Energía a velocidad crucero del Insight

b) Prius

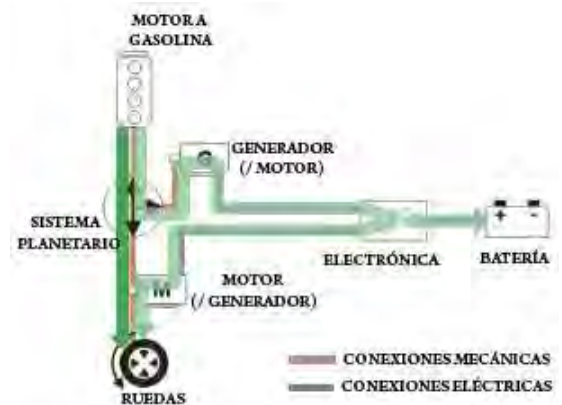


Fig. 1.17 Energía a velocidad crucero del Prius

En las figuras anteriores fig. 1.16 y fig. 1.17 vemos que bajo las condiciones de crucero típicas, ambos automóviles son impulsados completamente por el motor a gasolina. En ambos automóviles, si el nivel de carga de batería es bajo, algo de la energía del motor de gasolina se dirige a cargar la batería. Bajo condiciones de carga ligera, como bajar una colina, el Prius apagará el motor a gasolina y operará sólo eléctricamente. Por otro lado, al bajar una colina el insight puede cortar la entrada de combustible de modo que la combustión en el motor a gasolina este cerrada, similar a lo que hace durante el modo frenando regenerador. De nuevo, se nota el flujo de poder de dos-caminos del Prius del motor de gasolina: un poco de poder fluye mecánicamente a través del engranaje planetario, y un poco de flujo eléctricamente del generador/motor "G" al motor/generador "M."



### 1.7.8 El Flujo de Energía al Desacelerar: (El Frenado Regenerador)

#### a) Insight

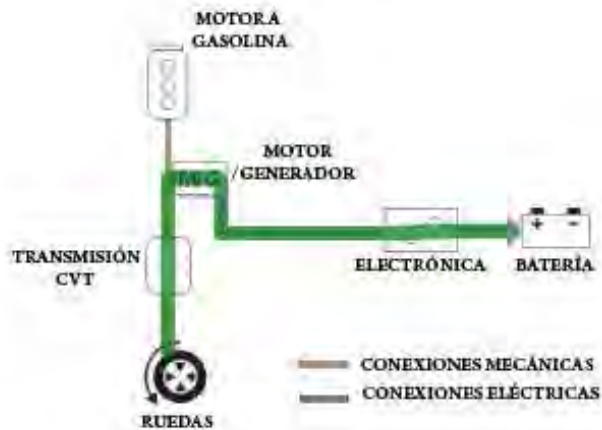


Fig.1.18 Frenado regenerador en el Insight

#### b) Prius

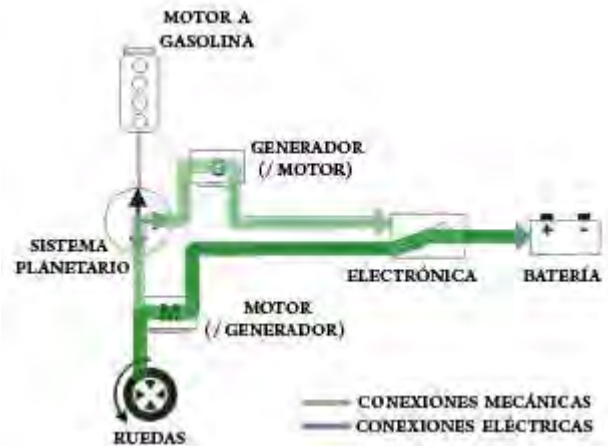


Fig. 1.19 Frenado regenerador en el Prius

Durante la desaceleración, ambos automóviles entran en modo frenado regenerador, fig. 1.18 para el Insight y fig. 1.19 para el caso del Prius donde el motor/generador opera en el modo del generador para cargar las baterías.

En el Insight, el cigüeñal del motor a gasolina continúa su movimiento con las ruedas. Sin embargo, el motor está apagado en el sentido que la inyección de combustible y chispa, estén apagados y para que la gasolina no este siendo quemada. Cuando el embrague esta libre, el motor a gasolina entrará en modo inactivo, y ninguna gasolina esta siendo consumida.

En el Prius, el motor de gasolina se apaga cuando el automóvil este parado.





## Capítulo 2

### CARACTERIZACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO DE REPARTO (VER)

A continuación se describe brevemente cada uno de los sistemas que componen al VER, a fin de ubicar el estado actual de este vehículo.

#### 2.1 ESPECIFICACIONES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO DE REPARTO

##### 2.2 SISTEMA DE DIRECCIÓN

- 2.2.1 sistema de dirección
  - 2.2.1.1 columna de dirección
  - 2.2.1.2 engranaje de dirección

##### 2.3 SISTEMA DE SUSPENSIÓN

###### Delantera

- Suspensión mecánica
- Caja de dirección
- Brazo Pitman
- Barra central con terminales
- 2 Horquillas superiores con rótulas
- 2 Horquillas inferiores con rótulas
- 2 Barras de torsión
- 2 Bolsas de aire

###### Trasera

- 2 Horquillas superiores con rótulas
- 2 Horquillas inferiores con rótulas
- 2 Bieletas con terminales
- 2 Bolsas de aire

##### 2.4 SISTEMA DE TRACCIÓN

- 2 Motores eléctricos de C.D.
- 2 Reductores de velocidad
- 4 Catarinas
- 2 Cadenas
- 2 Flechas de tracción [Juntas Homocinéticas]

##### 2.5 SISTEMA DE FRENOS

- Frenos Hidráulicos
- Frenos de disco en las cuatro ruedas



## **2.6 SISTEMA DE ESTRUCTURA DE CHASIS**

- Tubular Galvanizado 3" x 2" Calibre 20
- PTR de 2" x 2"
- Lámina Galvanizada

## **2.7 SISTEMA DE CONTROL**

- Controlador eléctrico tipo chopper (el término chopper se usa para referirse a los numerosos tipos de dispositivos y circuitos electrónicos de conmutación.)



**2.1 ESPECIFICACIONES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO DE REPARTO**

En cualquier vehiculo de transporte, dependiendo de la necesidad para la cual será utilizado, es fundamental definir las características que requiere el automóvil. En la tabla 2.1 se muestran las características del vehiculo eléctrico de reparto

Tabla 2.1

CARACTERISTICA	ESPECIFICACION	VALOR	UNIDADES
<b>Dimensiones:</b>			
Ancho.....	Distancia entre los costados del vehiculo	1.6	m
Largo.....	Distancia entre la defensa delantera y trasera	4.20	m
Altura.....	Distancia entre el piso y el techo del vehiculo	2.03	m
Tamaño de la Cama...	Área efectiva de carga	1.30 x 1.76	m <sup>2</sup>
Distancia entre ejes...	Distancia entre las ruedas delanteras y traseras	2.3	m
Entre vía.....	Distancia entre las ruedas de cada eje	1.4	m
Diámetro de las ruedas motrices.....	Define la dimensión del diámetro de las ruedas	0.72	m
<b>Capacidad:</b>			
Capacidad efectiva.....	Contempla la máxima carga a desplazar	1.5	Ton
Peso vehicular proyectado.....	Es el peso del vehiculo sin carga y conductores	1.0	Ton
Peso Vehicular actual	Es el peso del vehiculo actual	1.6	Ton
Peso bruto vehicular..	Contempla la capacidad efectiva y el peso vehicular	3.1	Ton
Autonomía.....	Es la distancia máxima por recorrer del vehiculo con la energía contenida en un banco de baterías.	60	Km
Velocidad máxima.....	Máxima velocidad que puede tomar el vehiculo	40	Km/hr
Velocidad de crucero.	Velocidad promedio a la cual trabaja el vehiculo	20	Km/hr



## **2.2 SISTEMA DE DIRECCIÓN**

### **2.2.1 Sistema de Dirección.**

El sistema de dirección consiste en el volante de dirección y la unidad de la columna de dirección, que transmite la fuerza de dirección del conductor al engranaje de dirección; la unidad del engranaje de dirección, lleva a cabo la reducción de velocidad del giro del volante de dirección, transmitiendo una gran fuerza a la conexión de dirección; y la conexión de dirección que transmite los movimientos del engranaje de dirección a las ruedas delanteras.

#### **2.2.1.1 Columna de Dirección**

La columna de dirección consiste en el eje principal, que transmite a la rotación del volante de dirección, al engranaje de dirección y un tubo de columna, que monta al eje principal en la carrocería. El tubo columna incluye un mecanismo por el cual se contrae absorbiendo el impacto de la colisión con el conductor, en el caso de una.

#### **2.2.1.2 Engranaje de Dirección**

El engranaje de dirección no solamente convierte la rotación del volante de dirección a los movimientos los cuales cambian la dirección de rodamiento de los neumáticos. Este también reduce la velocidad del giro del volante de dirección a fin de aligerar la fuerza de operación de la dirección, incrementando la fuerza de operación y transmitiendo esta a las ruedas delanteras. en la fig.2.2 podemos observar como se encuentra consituido el engranaje de dirección.

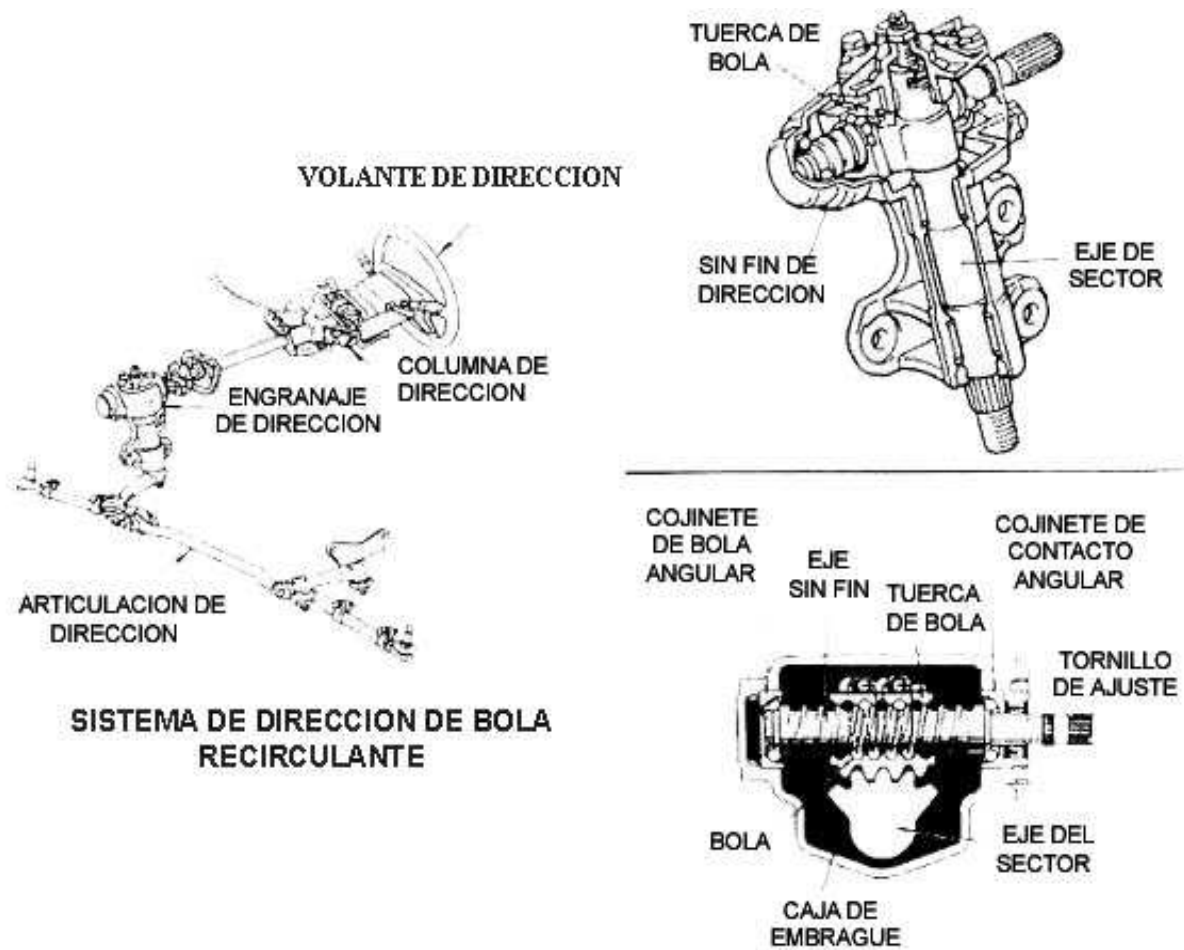


Fig. 2.2 Engranaje de dirección

## 2.3 SISTEMA DE SUSPENSIÓN

### 2.3.1 Brazo Auxiliar y Brazo Pitman

Un brazo auxiliar es el eslabón que ayuda al brazo pitman a un balance adecuado en el sistema de dirección, permitiendo así, los cambios de posición de las ruedas. Esto ocasiona que en un vehículo con gran kilometraje los bujes de hule se dañen.



### 2.3.2 Inspección del Brazo Pitman

La falla de este brazo no es muy común, se reemplaza por lo general cuando el vehículo ha sido golpeado y es dañada la pieza. Esta falla puede inspeccionarse por holgura o juego en el acoplamiento, condiciones del guarda polvo y conexión con la caja de dirección. Una inspección adicional consiste en girar la columna de dirección, o mover la rueda, mientras toca la barra de acople de la dirección y el brazo Pitman. Cualquier pérdida de movimiento se sentirá en la dirección como juego libre.

### 2.3.3 Bolsas de Aire

Las bolsas de aire basan su funcionamiento en las propiedades que ofrece el aire sometido a presión, su funcionamiento en la suspensión hace que se sustituya al resorte mecánico (muelle, ballesta o barra de torsión) por un fuelle o cojín de aire que varía su rigidez.

Estas bolsas de aire en la suspensión neumática permiten:

- Adaptar la carrocería a distintas alturas en función de las necesidades de marcha.
- Adaptar la suspensión y la amortiguación a la situación de la calzada y a la forma de conducir.
- Proporcionar mayor rigidez estructural.
- Mayor rigidez hacia delante y hacia atrás para una mejor marcha y mayor durabilidad de los neumáticos.
- Reduce las presiones de servicios para un levantamiento neumático rápido.

Además se caracterizan por su elevada flexibilidad, notable capacidad de amortiguación de las vibraciones y por la autorregulación del sistema que permite mantener constante la distancia entre el chasis y la superficie de carretera independientemente de la carga presente en el vehículo.

La suspensión neumática es un sistema complejo y de costo elevado, ya que integra numerosos componentes y necesita de una instalación de aire comprimido para su funcionamiento. Esta suspensión es muy utilizada en vehículos industriales (autobuses, camiones, etc). Automóviles que utilizan esta suspensión tenemos: Audi A8, Mercedes de la Clase E, S, R, etc. y algunos todo terreno como el VW Touareg, el Range Rover y el Audi Q7 entre otros.

Las bolsas de aire dentro de la suspensión neumática están aplicadas en cada horquilla.



En la fig. 2.3 podemos apreciar una de las bolsas de aire que tiene el vehículo eléctrico de reparto (VER) en la parte delantera.

Bolsa de Aire Delantera



Fig. 2.3 Suspensión delantera

### 2.3.3.1 Ventajas de la Suspensión Neumática.

- Sin Mantenimiento
- Reducen el balanceo
- Permiten nivelar la autocaravana en cualquier situación de carga
- Mejoran la estabilidad
- Aumentan la seguridad y el confort
- Absorbe mejor los baches e irregularidades de la calzada
- Disminuyen el desgaste de la suspensión y del Vehículo en general
- Contribuyen al ahorro de combustible
- Se instalan rápidamente evitando una parada prolongada del vehículo
- Amortización segura y rápida



Fig. 2.4



### 2.3.4 Rótulas

La rótula sobre el brazo de control con el muelle de la suspensión se denomina articulación de bola de transporte de peso.

Cuando la unión de la dirección se conecta a la dirección por encima del brazo de control se denomina articulación de bola de tensión. Esta en tensión por que el peso del automóvil trata de empujar la rótula desde el nudillo.

Cuando el brazo de control esta arriba del nudillo de la dirección, empuja la rótula hacia la unión. Lo cual comprime la coyuntura de bola y por ello se le denomina articulación de bola de compresión.

La rótula sobre el brazo de control no cargado se precarga porque no transporta peso. La articulación se precarga con un disco elastométrico o con un resorte de metal. La articulación se denomina articulación de bola precargada o de fricción. La precarga es lo suficientemente grande para mantener la bola asentada durante los cambios en las cargas en las carreteras ásperas, en los desplazos laterales y en los altos de emergencia.

## 2.4 SISTEMA DE TRACCION

### 2.4.1 Cadenas y Catarinas

Las cadenas y catarinas proporcionan un método accesible y eficiente para transmitir potencia entre ejes paralelos; aunque la cualidad mas importante de estos elementos es, la capacidad de ser empleados entre espaciamentos relativamente grandes donde el uso de engranes es inadecuado.

Podemos decir que se cuenta con cuatro catarinas para cadena #60 con doble hilera ,dos de ellas son de 16 dientes y las otras dos de 36 con un paso circular de ¾" que están montadas a una distancia de 66.4 cm (96 pasos).

Tabla 2.5 Parámetros de las catarinas

No. De dientes	Diámetro exterior [in]	Barreno [in]		Masa [in]	
		Piloto	Máy. Recomen.	Diámetro	Largo total
16	4.220	1	2	3	2 1/8
36	9.020	1 ¼	3	4 ½	2 3/8



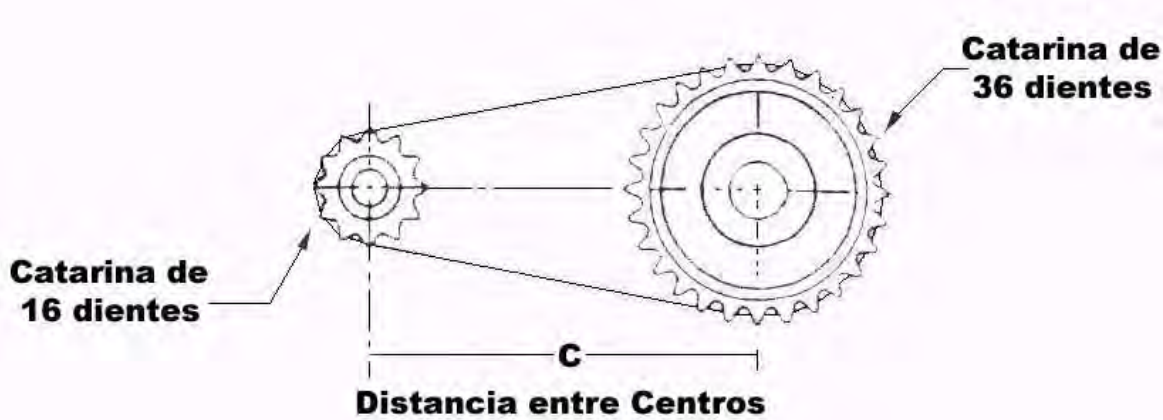


Fig. 2.6 Diagrama del sistema por cadena

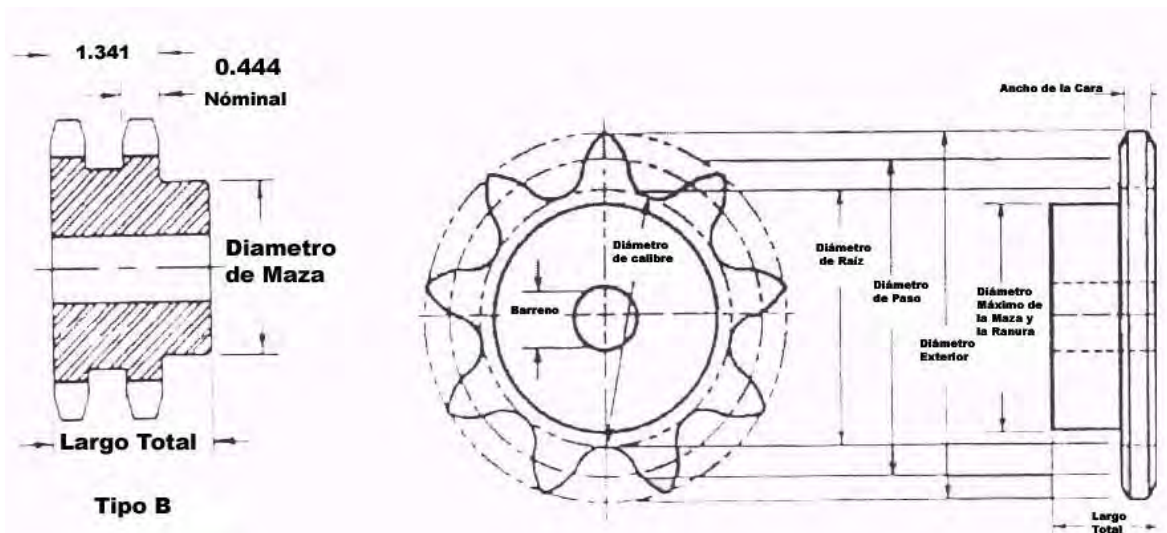


Fig. 2.7 Nomenclatura de las catarinas

### 2.4.2 Motor Electrico de C.D (7")

Este motor eléctrico tiene un circuito eléctrico en serie, y por lo tanto, la clasificación de este componente es definida por las dimensiones de su carcasa. Estos motores son de importación y su costo es bastante elevado, por lo cual se inició un proceso de ingeniería inversa para generar la tecnología para su fabricación en el país, desafortunadamente el tipo de laminados que se requieren para su construcción son también de importación y su costo es muy alto.

Los motores eléctricos se encuentran dentro del rango que se requiere para afrontar la carga que se generará bajo las condiciones necesarias. En la fig. 2.8 se muestran algunas especificaciones de este tipo de motor eléctrico.

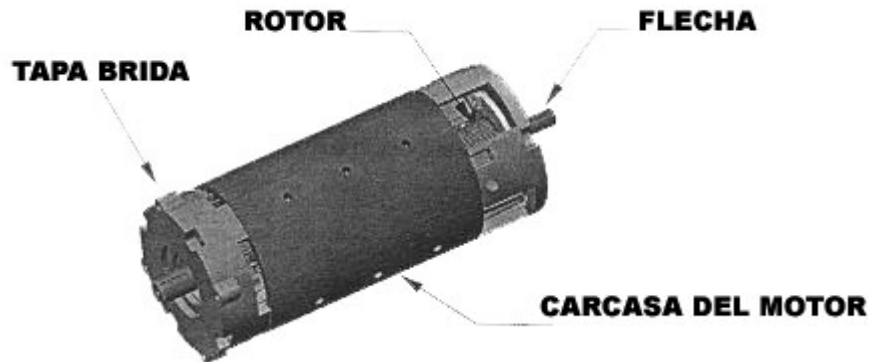


Fig. 2.8 Motor eléctrico de 7" X 91-4001

PARAMETROS	VALOR
Máxima eficiencia	88%
Diámetro	7 [in]
Longitud	15.21 [in]
Flecha principal	1.125" dia. x 1.37
Cuerpo de la flecha	0.75" dia. x 1.75"
Peso	82 lb/ 37.27 Kg.
Marca	Advanced DC Motors

**1 er. Edo Dinámico**

$V_{m\acute{a}x} = 40 \text{ Km/hr}$ ; P.B.V =3 Ton.			
MOTOR 7" (X91-4001)		RUEDA MOTRIZ	
Par (lb-ft)	35.25	Par (lb-ft)	340.5
Revoluciones(R.P.M)	2680	Revoluciones(R.P.M)	294.73
Potencia (H.P)	19	Potencia (H.P)	19.01

**2do. Edo. Dinámico**

$V_{m\acute{a}x} = 0.1 \text{ Km/hr}$  (aproximadamente cero); P.B.V = 3Ton.  
 Se requiere un par de 315.3 lb-ft en cada rueda motriz para empezar a mover el vehículo. (Punto inminente)

**3er. Edo. Dinámico**

$V_{m\acute{a}x} = 60 \text{ Km/hr}$ ; P.B.V =1.5 Ton.			
MOTOR 7" (X91-4001)		RUEDA MOTRIZ	
Par (lb-ft)	34	Par (lb-ft)	214.4
Revoluciones(R.P.M)	2700	Revoluciones(R.P.M)	442.1
Potencia (H.P)	18	Potencia (H.P)	18.04

**4to. Edo. Dinámico**

$V_{m\acute{a}x} = 0.1 \text{ Km/hr}$  (aproximadamente cero); P.B.V = 15 Ton.  
 Se requiere un par de 158 lb-ft en cada rueda motriz para empezar a mover el vehículo. (Punto inminente)



### 2.4.3 Reductor de Velocidad

Este arreglo agrupa a las flechas de manera rectangular (cuadrada); tratando de minimizar el espacio. Sin embargo, la configuración se hace robusta con más elementos mecánicos en el ensamble, al ser ubicada en esta zona. Por tal motivo, el reductor tuvo que ser redefinido tratando de dividir la transmisión en 2 partes. Empleando engranes en un reductor más compacto, es decir, un número reducido de elementos y con una relación de transmisión menor; así como también implementar cadenas y catarinas para concluir el tren de potencia en el último paso, brindando estos últimos componentes la compensación de la distancia entre los centros del eje de salida del reductor y el eje de la rueda impulsada. Finalmente, el reductor especificado para el tren motriz se muestra en la figura 2.9 con un par de engranes cónicos y la representación de los diámetros primitivos de los engranes helicoidales con el propósito de visualizar dichos elementos.

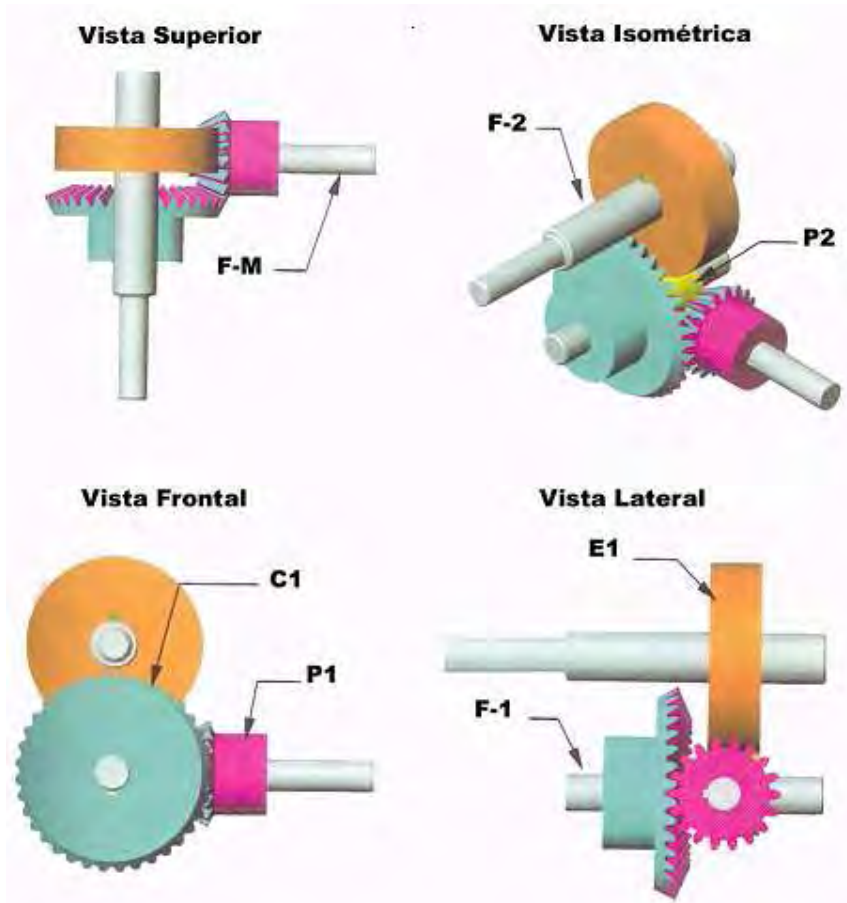


Fig. 2.9 Vistas del reductor de velocidad



### 2.4.4 Carcaza

La carcaza esta comprendida por una tapa que esta acoplada con el motor y a su vez con la coraza del reductor y posteriormente todo el conjunto con el bastidor.

Carcaza del reductor:

- Tapa Primer acoplamiento (Motor y Tapa del reductor)
- Coraza Segundo acoplamiento (Tapa y coraza del reductor)

La tapa es una placa de sección rectangular cuyos barrenos son debidos a los tornillos que sujetan al motor y la coraza del reductor como se muestra en la fig. 2.10 .Pero a su vez contiene la perforación por donde pasa la flecha del motor ensamblado con el piñón cónico y las orejas que se utilizarán para sujetar con el bastidor. Este tipo de geometría está configurada de manera simétrica con la finalidad de que la misma carcaza sea empleada para cada rueda motriz del lado correspondiente del vehículo.

De este modo, la coraza para el reductor, esta elaborada mediante un proceso de fundición en aluminio.

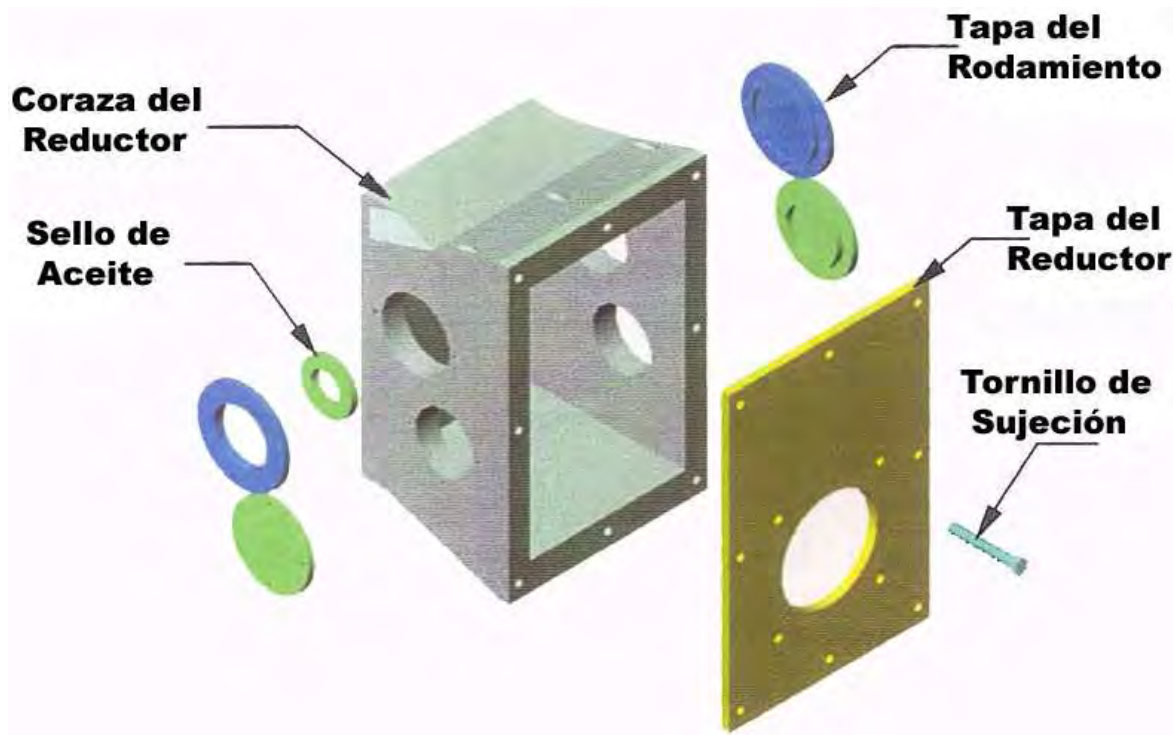


Fig. 2.10 Piezas que componen la carcaza



### 2.4.5 Flecha de Tracción (Juntas Homocinéticas)

La flecha de salida esta acoplada por medio de dos juntas homocinéticas. Una de ellas es del tipo BIRFIELD (de articulación fija) y la otra del tipo Trípode (de articulación deslizante) como se muestra en la figura 2.11.

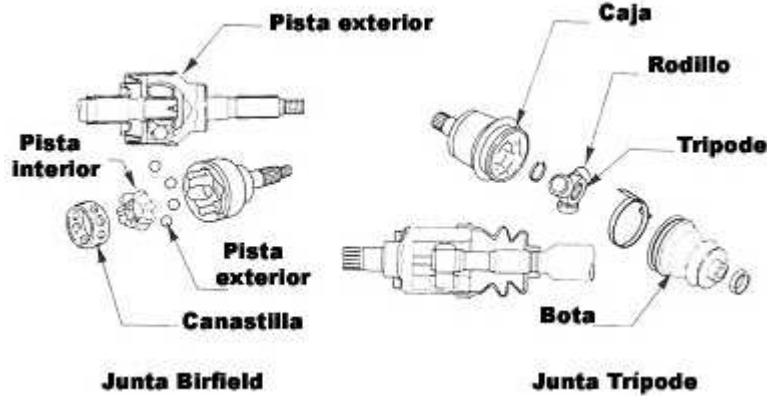


Fig. 2.11 Juntas de velocidad constante

La junta Birfield está formada de una pista interna, una pista externa y una canastilla de bolas con seis ranuras alrededor del borde exterior para asegurarlas. La pista interior tiene seis ranuras espaciadas, y de manera similar seis cuencas esféricas alrededor del borde exterior. Por tal motivo, existen ranuras guía sobre la superficie inferior de las cuencas de la pista interior; la presión es aplicada en las bolas para transmitir el torque, y estas a su vez se encuentran en las ranuras entre las dos pistas por medio de una canastilla. Cuando existe un ángulo entre las dos flechas, la superficie de las bolas de las guías interior y exterior se deslizan al mismo tiempo que las bolas giran, para transmitir el torque.

Por otro lado, la junta Trípode esta constituida por una caja, tres rodillos y un trípode con rodillos. El torque es transmitido básicamente de la misma manera que la junta Birfield. La diferencia es que la junta Trípode para poder absorber los cambios de longitud de la flecha de velocidad constante que son ocasionados por el movimiento hacia abajo, hacia arriba y el viraje de las ruedas; el rodillo puede moverse en dirección de la flecha entre las ranuras.

Esta pareja de elementos con el eje son conocidos como flecha de velocidad constante debido a que no hay diferencia de velocidad entre las flechas de impulso e impulsada, permitiendo que el torque sea transmitido uniformemente y que pueda transferirse en un mayor rango de ángulo en comparación al utilizar una junta universal (flecha propulsora, cruceta y brida de acoplamiento) ver fig. 2.12.

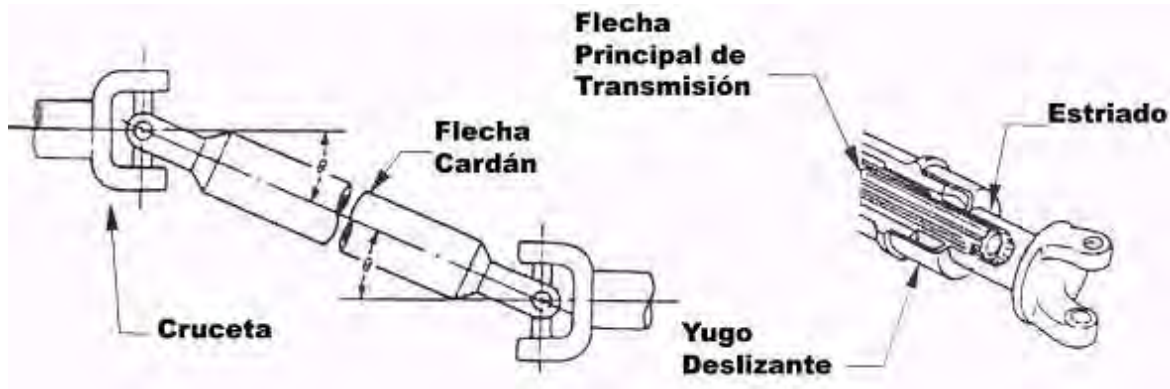


Fig. 2.12 Junta universal, Flecha cardán y yugo deslizante

Como resultado la rueda motriz queda unida al mecanismo mediante el ensamble con el disco de los frenos de la llanta, para que posteriormente sea acoplado a la junta homocinética Birfield y a la flecha de velocidad constante. El disco queda unido a la maza y el mango de la suspensión; los cuales, son detenidos mediante las articulaciones (rótulas) que incorporan a la horquilla inferior y superior de la suspensión, como se muestra en la fig. 2.13.

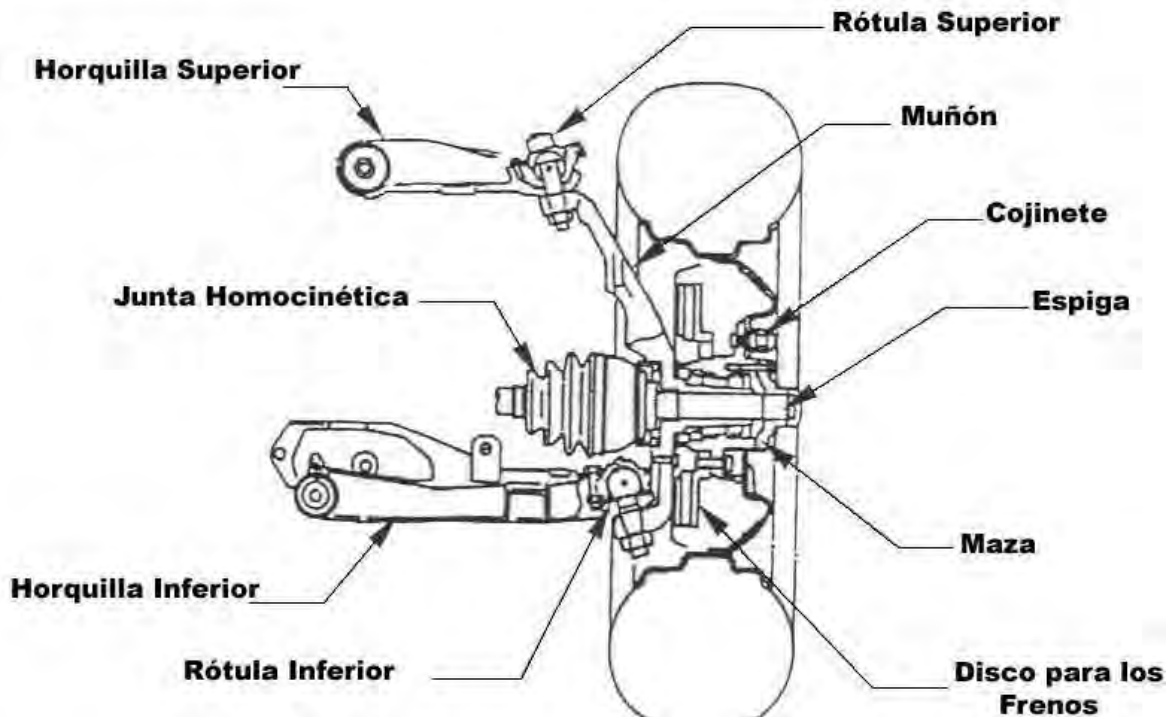


Fig. 2.13 Esquema del ensamble en la rueda motriz



### 2.5 SISTEMA DE FRENOS

#### 2.5.1 Frenos Hidráulicos

El sistema de frenos Hidráulicos consta de dos tipos de sistemas: Sistema Hidráulico y Materiales de Fricción.

En este sistema hidráulico, al presionar el freno del vehículo, el cilindro conocido como cilindro maestro, que va colocado en el motor, impulsa hidráulicamente el líquido de frenos por toda la tubería, hasta llegar a los frenos colocados en las llantas y lograr frenar el vehículo.

Los materiales de fricción que se utilizan son conocidos como balatas y suelen ser piezas metálicas, semi-metálicas o de cerámica que soportan muy altas temperaturas y son los que crean la fricción contra una superficie fija; que pueden ser tambores o discos; y así lograr el frenado del vehículo. Las balatas son piezas que sufren desgaste y se tienen que revisar y cambiar en forma periódica.

#### 2.5.2 Frenos de Disco

Los frenos de disco están formados por un Rotor de Disco que está sujeto a la rueda, y un Caliper, que sujeta las balatas de freno de Disco. La presión hidráulica desde el Cilindro Maestro causa que el pistón presione como una almeja las balatas por ambos lados del rotor. Esto crea fricción entre las balatas y el rotor, produciendo un descenso de la velocidad o que el vehículo se detenga.

Este disco puede ser frenado por medio de unas plaquetas (B), que son accionadas por un émbolo (D) y pinza de freno (C), que se aplican lateralmente contra él deteniendo su giro. Suelen ir convenientemente protegidos y refrigerados, para evitar un calentamiento excesivo de los mismos. ver fig. 2.14.

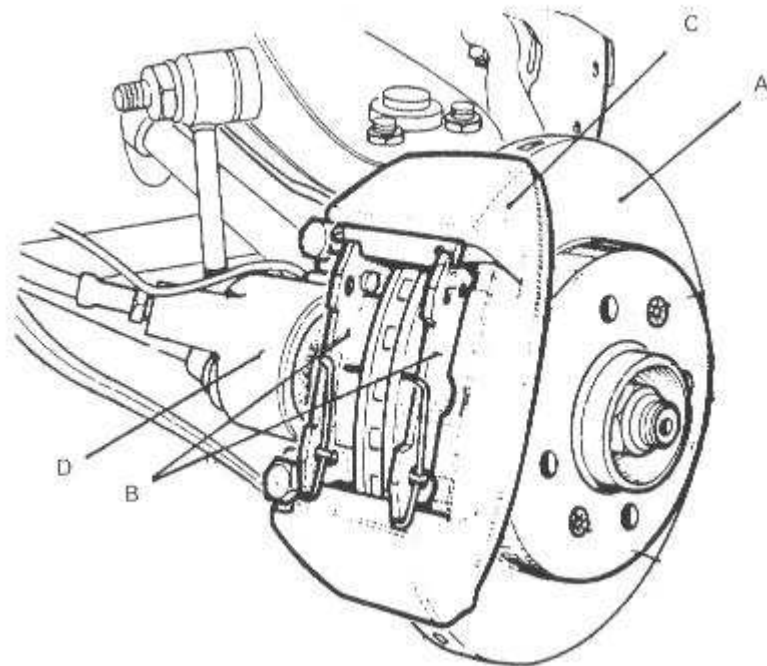


Fig. 2.14 Piezas que componen un freno de disco

### 2.5.2.1 Principales características de los frenos de disco:

- Se calientan menos que los de tambor porque el disco va flotando y se mantiene mejor ventilado.
- Se logra una frenada mucho más potente.
- Cuando se calienta el disco se mejora el frenado.

Para tener un adecuado mantenimiento en frenos de disco se requiere de:

- Realizar periódicamente la revisión de las balatas para comprobar que no estén muy desgastadas.
- Revisar que se cuente con la cantidad adecuada de líquido de frenos.
- Comprobar que los discos se encuentren en buen estado.
- Mantener las tuberías del líquido de frenos libres de aire.





## 2.6 SISTEMA DE ESTRUCTURA DE CHASIS

El sistema de chasis se encarga de soportar y sujetar todos los mecanismos del vehículo, este sistema está elaborado del siguiente material y cuya estructura puede observarse en la fig. 2.15, así como algunas de las vistas de la carrocería que pueden apreciarse en la fig. 2.16.

- Tubular Galvanizado 3" x 2" Calibre 20
- PTR de 2" x 2"
- Lámina Galvanizada

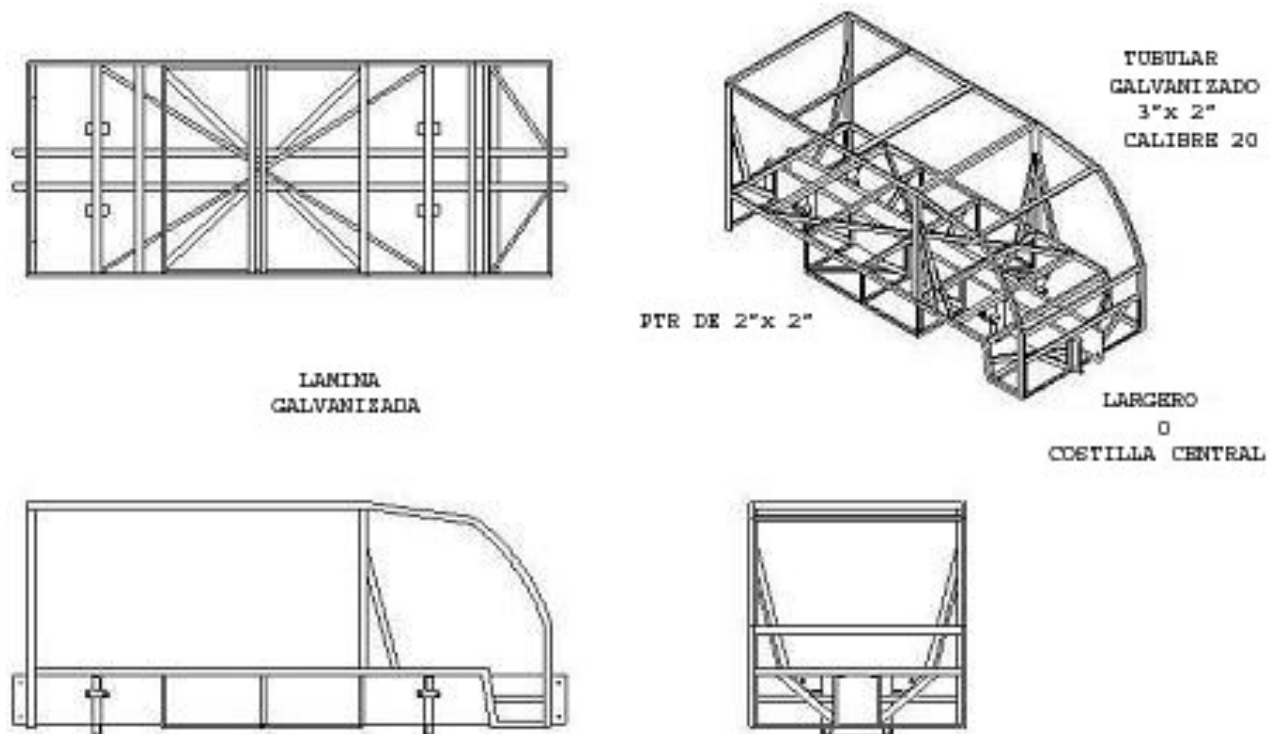


Fig. 2.15 Estructura del chasis

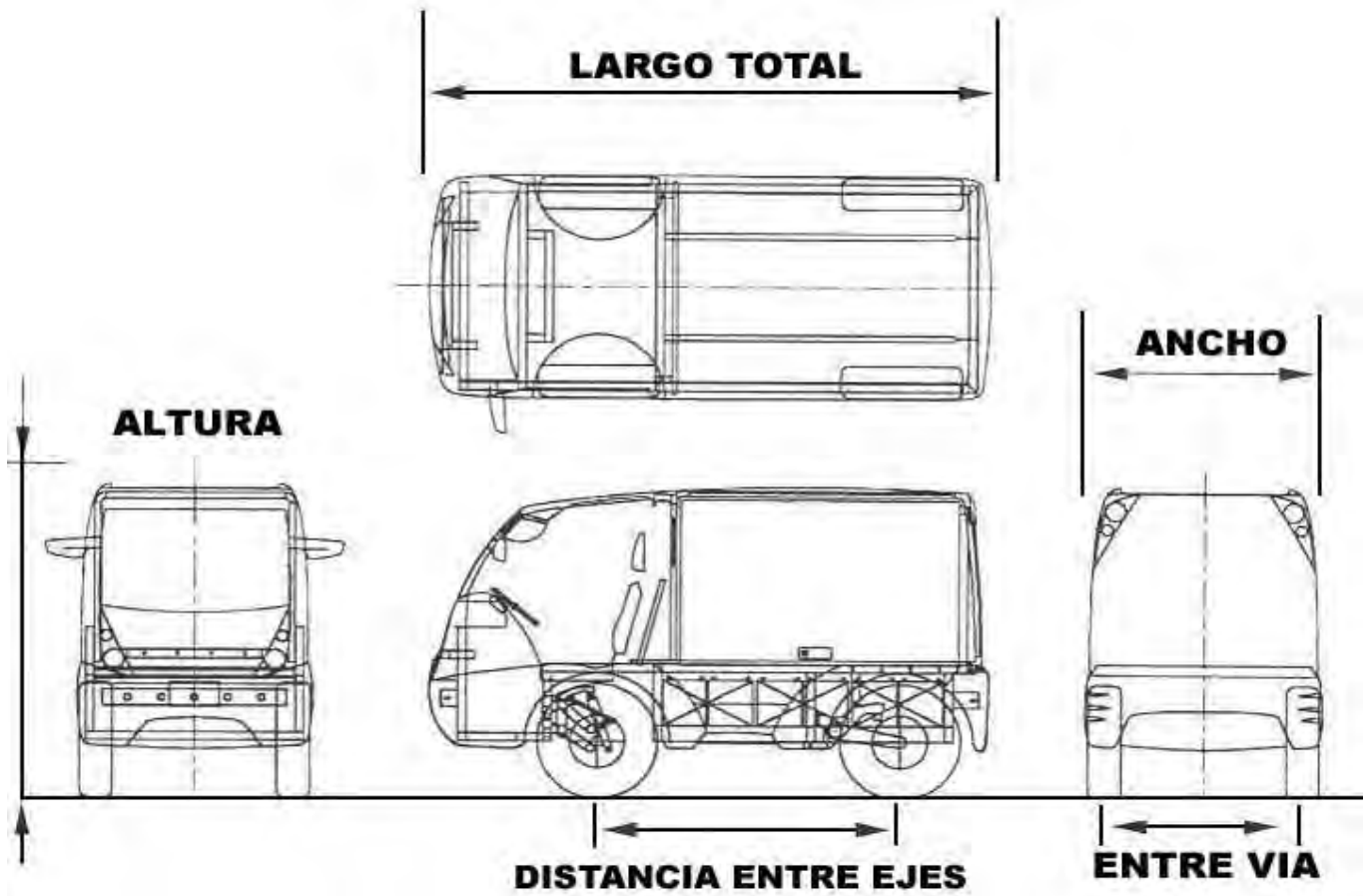


Fig. 2.16 Carrocería del vehículo eléctrico



### 2.7 SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control tipo chopper es un interruptor electrónico que se usa para interrumpir una señal bajo el control de otra. La mayoría de los usos modernos también usa nomenclatura alternativa que ayuda clarificar qué tipo particular de circuito está discutiéndose. Éstos incluyen:

Fuentes de alimentación conmutadas, incluyendo convertidores de AC a DC., controles de velocidad para motores de DC., amplificadores clase D., drivers de frecuencia variable.

En el diagrama de bloques del controlador (fig. 2.17) los transistores de potencia tipo MOSFET están conectados en paralelo y se utilizan como un interruptor electrónico con el que se controla la corriente que fluye en las bobinas del motor.

Estos transistores están conectados en serie con las baterías y el motor, y pueden operar con una frecuencia de conmutación de hasta 15,000 veces por segundo.

El “circuito de control” varía la razón del tiempo de encendido y apagado (ciclo de trabajo), en respuesta a la demanda del acelerador.

Cuando el interruptor electrónico está cerrado, es decir, cuando los transistores están en corte, la corriente que fluye a través de las bobinas del motor aumenta y se almacena energía en el campo magnético del motor. Cuando el interruptor electrónico se abre, los transistores entran a su región de saturación, la energía almacenada ocasiona que la corriente del motor siga fluyendo a través del “diodo de giro libre”. Como se muestra en la Fig. 2.17, la corriente aumenta y disminuye con una pendiente que depende del tiempo de encendido y apagado de los transistores. La corriente promedio determina entonces el par del motor y por lo tanto, es controlado a través de la razón entre el tiempo de encendido y apagado. Así se logra tener un control suave y con muy baja pérdida de energía en los componentes del controlador.

La corriente que fluye en el motor y en los transistores se determina midiendo la caída de voltaje en las terminales de los MOSFETs y su temperatura de operación. Para poder ajustar la resistencia de la juntura “drain-source” del dispositivo y entonces poder conocer la corriente. Esta corriente se compara con una referencia que corresponde a la corriente máxima permitida; y si excede el límite, una señal de sobre corriente obligará al controlador a reducir el par del motor hasta que la corriente esté dentro del límite permitido.

Con este tipo de medición indirecta de la corriente no es necesario tener en el circuito una resistencia tipo “shunt” que es la forma en que comúnmente se mide la corriente, reduciendo así la pérdida de energía en el controlador.

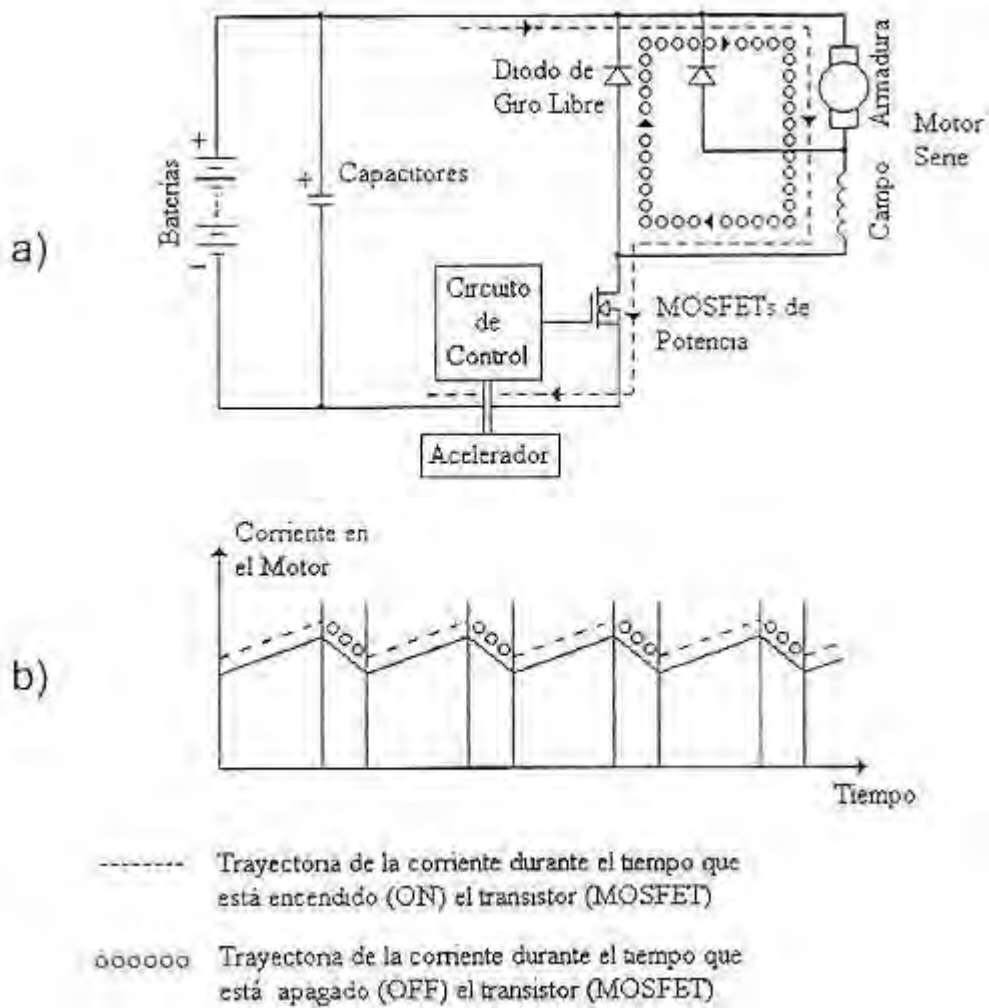


Fig. 2.17 Diagrama del sistema de control



## Capítulo 3

### DISEÑO Y ESPACIO PARA LAS CONFIGURACIONES

Utilizando la información de los capítulos 1 y 2, en este tercer capítulo se explicarán las tres posibles configuraciones para llevar a cabo el funcionamiento del vehículo híbrido eléctrico en serie.

La configuración para el diseño híbrido del Vehículo Eléctrico de Reparto (VER) está basada en implementar partes y componentes comerciales, con el propósito de que puedan ser adquiridas con facilidad por el usuario del vehículo; y en algunos componentes tener un diseño que pueda ser adaptado con simplicidad.

El propulsor principal o fuente de energía principal puede ser un motor de combustión interna (MCI) (diesel o gasolina), una planta generadora o bien otros dispositivos de generación de energía, tales como turbinas de gas, motores de combustión externa etc.

La principal meta es usar un motor de combustión interna utilizado en un auto convencional, teniendo como consecuencia un impacto ambiental menor.

El motor de combustión interna tiene como función transformar la energía del combustible y conducirla a través de los elementos para llevar a cabo la recarga del banco de baterías.

Como parte de ésta propuesta es posible emplear los mismos componentes de un vehículo de combustión interna, algunos de estos componentes mencionados son un radiador comercial que permita llevar a cabo el sistema de enfriamiento al motor de combustión interna, además que se pueden eliminar aquellos componentes que no sean indispensables, sin embargo, el motor debe satisfacer la potencia requerida para los parámetros definidos del vehículo ya mencionados, y las pérdidas provocadas por cada elemento.

Por otro lado, debido a la agrupación y dimensionamiento del vehículo, se tiene como objetivo ubicar el área donde se colocará el motor de combustión interna que suministrara la energía al banco de baterías, con el objeto de que sea protegido por el bastidor y sea fácil su colocación y desmontaje para su mantenimiento.

Con base en lo anterior se hace referencia al lugar disponible para establecer los componentes necesarios para la conversión del vehículo eléctrico a híbrido serie, tal lugar geométrico puede observarse en la figura 3.1.

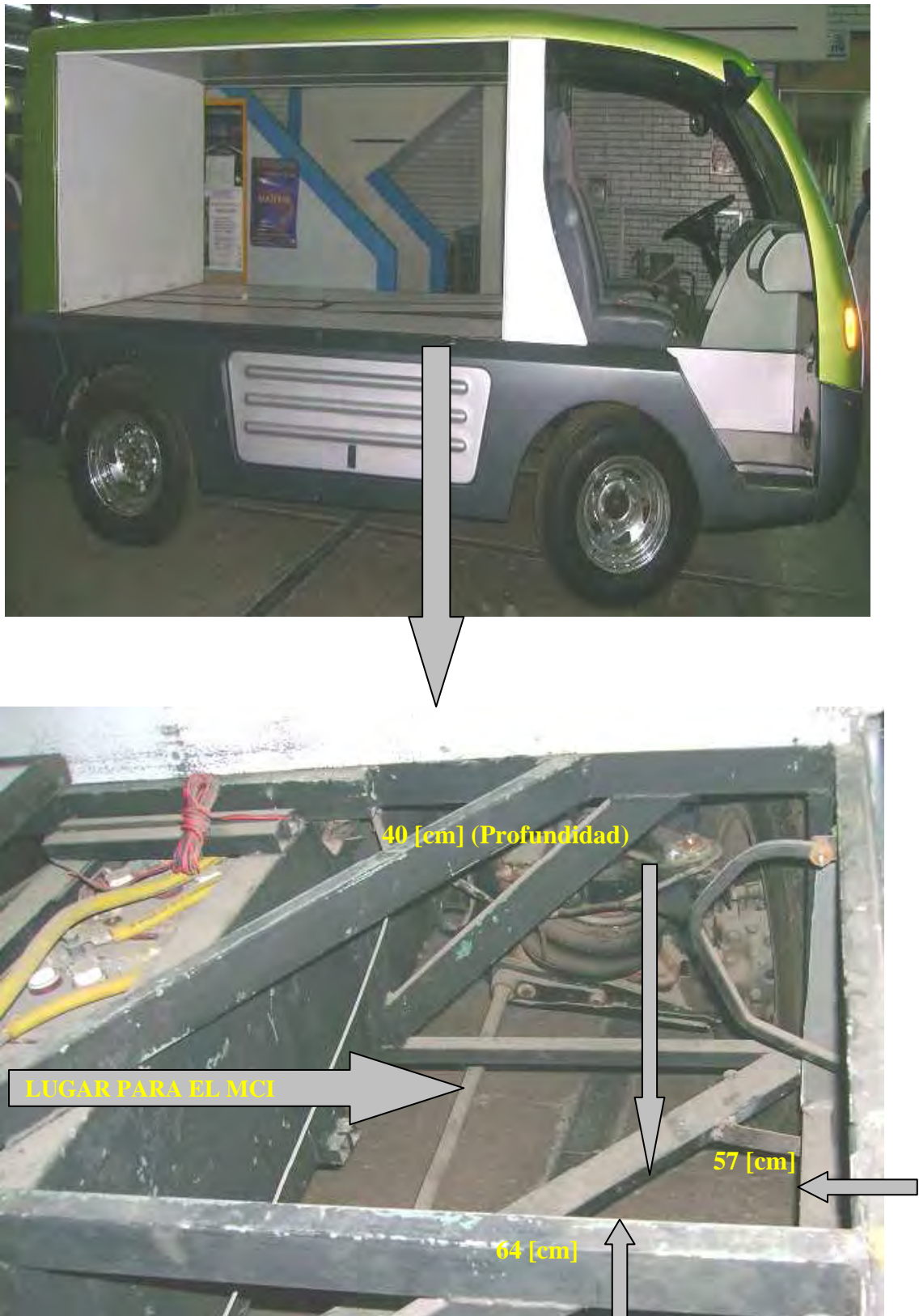


Fig. 3.1 Espacio para las propuestas



### 3.1 PRIMERA PROPUESTA DE CONFIGURACIÓN

La configuración para esta propuesta es tal que se refleje que el motor de combustión interna (MCI) a utilizar, aproveche el espacio que existe en el costado derecho del VER.

El motor de combustión interna a utilizar es un motor diesel enfriado por agua de la capacidad requerida por el vehículo, ya que proporciona la potencia necesaria para recargar el banco de baterías. A continuación en la tabla 3.2 se muestran algunas de las características más específicas del motor de combustión que se está considerando.

Tabla 3.2 Especificaciones del motor LDW 502

Cilindros	2
Diámetro	72 [mm]
Carrera	62 [mm]
Cilindrada	505 cm <sup>3</sup>
Inclinación máxima	25° (35°)
Cantidad de aceite	1.5 [l]
Peso en seco	60 [Kg]
Potencia	11.2 [Kw]

Esta primer propuesta de configuración está constituida como se muestra en la fig.3.3, en ello cabe mencionar que el espacio destinado para el motogenerador lo es también para los elementos necesarios en su funcionamiento como son, radiador, generador etc.

El motor de combustión interna es viable ubicarlo en un costado del VER como se señalo anteriormente, ya que es un motor cuyo diámetro es de 72 [mm] y su volúmen es aproximadamente de 65.73 [dm<sup>3</sup>] en comparación con el volúmen del espacio con que se dispone es de 145.92 [dm<sup>3</sup>] por tal motivo el espacio es adecuado, aceptable y puede considerarse una opción como fuente de alimentación del banco de baterías.

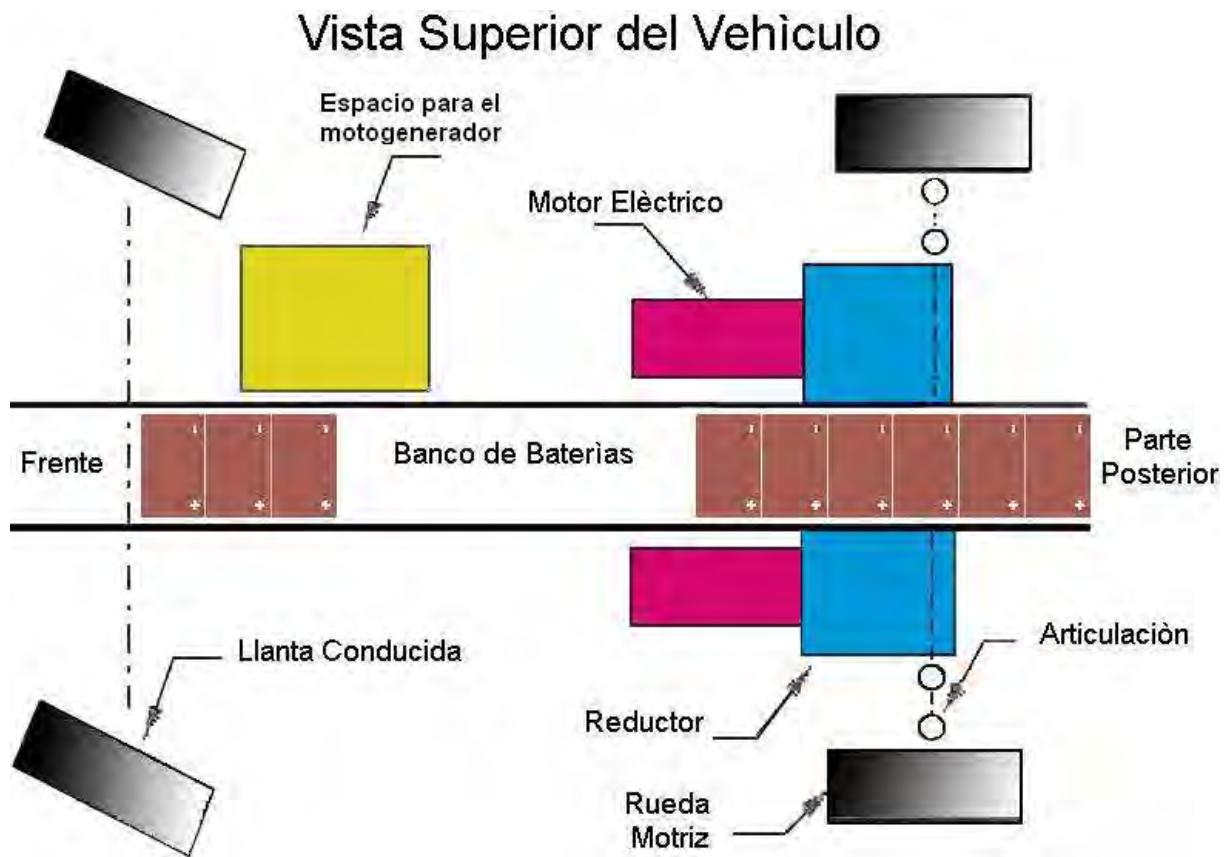


Fig.3.3 Vista superior de la primera propuesta

Empleando un diagrama de bloques, como el que se muestra en la fig. 3.4, se explica la primera configuración del sistema de propulsión híbrida.

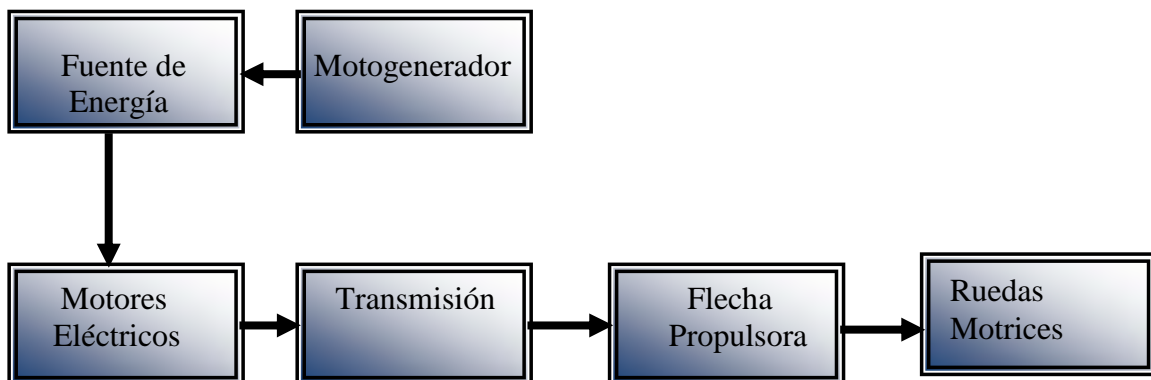


Fig 3.4 Configuración de la primera propuesta





En la tabla 3.5 se puede observar como se relaciona cada uno de los elementos presentados en el diagrama de bloques (fig. 3.4) y que función van a desarrollar en esta primera propuesta.

Tabla 3.5 Descripción de los elementos mencionados en el diagrama de bloques (fig. 3.4).

<b>Componentes</b>	<b>Función</b>
Motor de combustión interna (MCI)	Motogenerador
Baterías	Fuente de energía
Motor eléctrico	Máquina impulsora
Transmisión, Flecha propulsora	Componentes de la transmisión y diferencial mecánico
Ruedas motrices	Elementos impulsados para la tracción.

El motor de combustión interna puede operar independientemente de la velocidad del vehículo para cargar las baterías en el momento que estas lo requieran.

El notable ahorro de energía y minimización de la contaminación que se consigue con este tipo de vehículos es debido a que el motor térmico trabaja a velocidad y carga constante, en el polo económico (máximo rendimiento y mínima contaminación).

Cuando se enciende por la mañana el vehículo éste funciona con energía eléctrica únicamente, pero cuando el banco de baterías llega a cierto nivel de descarga, mucho antes de que llegue a cero, el sistema lo detecta y entonces se arranca el motor de combustión interna, el cual empieza a generar electricidad y a recargar las baterías del vehículo.

Teniendo en cuenta las dimensiones del motor y del espacio disponible en el vehículo ya analizado, se requiere de un sistema de enfriamiento por agua (radiador) que permita al motor de combustión interna (MCI) mantener una temperatura estable, además es indispensable lograr la orientación del mismo.

De esta manera es necesario contar también con un depósito de combustible el cual tenga una capacidad de 15 litros, que serán suficientes en el desempeño del motor. Este depósito debe tener aproximadamente las siguientes dimensiones (25 x 25 x 25) cm. Su posición está en la parte trasera del lado derecho del vehículo. (detrás de la rueda trasera derecha hay un lugar óptimo para tal depósito) y debe estar en el lugar que se muestra en la figura 3.6



Fig.3.6 Espacio para el tanque de combustible

En el caso del sistema de refrigeración del motor de combustión interna mencionado requiere de un radiador el cual se colocará en la parte inferior derecha de la cabina del VER, como se muestra en la fig. 3.7 este espacio está ubicado precisamente en la parte frontal al motor de combustión interna.



Fig. 3.7 Espacio para el radiador



### 3.2 SEGUNDA PROPUESTA DE CONFIGURACION

En esta configuración del vehículo eléctrico se propone implementar un componente comercial como lo es un motor de combustión interna utilizado por el vehículo matiz cuyas características más sobresalientes se muestran en la tabla 3.7.

Tabla 3.8 Características del motor matiz

Tipo de motor	Matiz 1.0 [Lt]
No. De cilindros	4
Desplazamiento	975 [cm <sup>3</sup> ]
Diámetro por carrera	68.5 x 67.5 [mm]
Compresión	9.3 a 1
Potencia máxima	48.5 [Kw] , ( 62 hp )
R.P.M	5400
Torque	91 [Nm a 4200 r.p.m]
Sistema de inyección	multipunto

Este motor es una solución adecuada para ésta segunda configuración del sistema, la cual se enfoca a la misma tarea la de llevar a cabo la recarga al banco de baterías, por medio de este motor de combustión. A diferencia de la primera configuración éste segundo arreglo tiene una doble tarea que será la de recargar el banco de baterías así como de suministrar potencia a los motores eléctricos, dicha configuración se apreciará de mejor manera en el diagrama funcional (fig.3.10).

Al tener esta configuración como alternativa del sistema, implica una disminución de componentes eléctricos (baterías) que son sustituidos por el mismo motor. Sin embargo, las pérdidas ocasionadas por aquellos elementos mecánicos tendrán que ser comparadas con las pérdidas eléctricas existentes en las conexiones, debidas a la caída de tensión en el suministro de energía eléctrica. Dicha comparación tendrá que ser analizada en un trabajo a futuro.

De igual manera como en la primer propuesta, se propone rediseñar el bastidor que soporte cada uno de los componentes que se utilizaràn así como la carga a transportar por el vehículo; dando origen al lugar geométrico donde se ubicarà el motor que recargara al banco de baterías, las cuales daràn la energía a todo el vehículo.

En esta propuesta se emplea un bastidor similar al mencionado en la primer configuración, pero con un arreglo en la parte superior e inferior del mismo, es decir, es necesario quitar algunos travesaños de la estructura del bastidor, además, debido al peso del motor, se tiene que llevar a cabo una base para reforzar el lugar donde irá posicionado dicho motor (la base mostrada en la figura 3.9 solo ejemplifica la superficie a modificar).



En la figura 3.9 se muestran los elementos a ser modificados para lograr la mejor adaptación del espacio disponible y visualizar un lugar óptimo para las condiciones solicitadas en esta propuesta que es la colocación del motor de combustión interna así como de los dispositivos necesarios para su instalación.

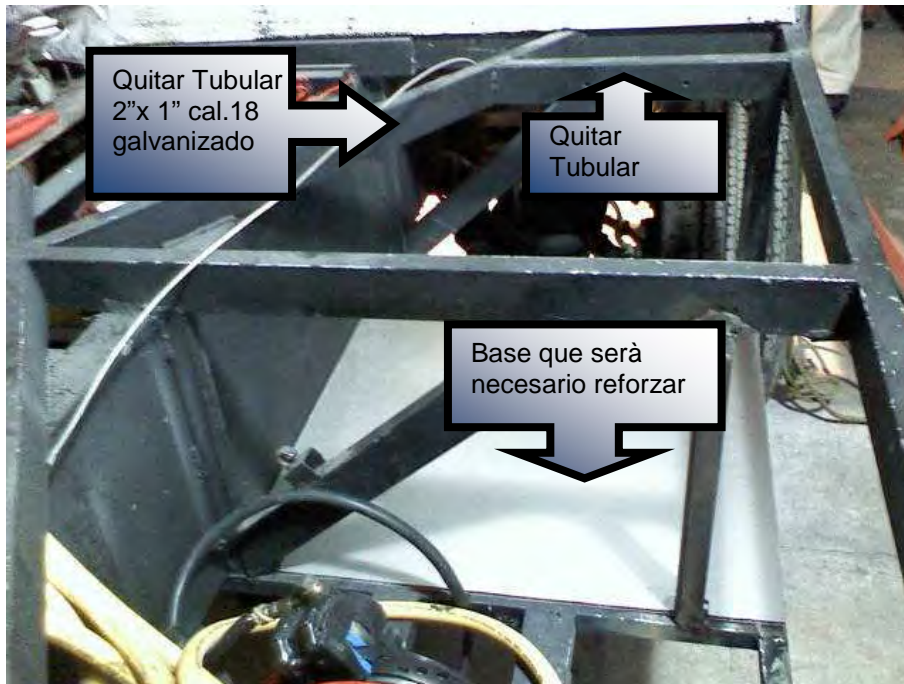


Fig. 3.9 Elementos a modificar

Dicho espacio estará conformado para facilitar la extracción de este motor hacia el exterior del vehículo cuando así se requiera en caso de realizarle una reparación. De esta manera se observa que la región que se encuentra en un costado de la parte posterior del bastidor, es la zona que se ha venido manejando como la más aceptable para ubicar los componentes que se emplearán en el vehículo híbrido.

Esta propuesta se encuentra conformada por un motor de combustión interna de mayor capacidad al que se planteó en la primera configuración, ello debido a la doble labor que deberá desempeñar el motor de combustión interna para el caso de esta configuración.

Empleando nuevamente un diagrama de bloques 3.10, esta segunda configuración se define de la siguiente manera:

En este tipo de configuración se hace uso de un grupo moto generador a bordo del vehículo para recargar un pequeño banco de baterías, esto debido a que el motogenerador tendrá doble función, una de ellas será la de recargar al banco de baterías así como la función de alimentar a los motores eléctricos, tal como lo muestra el diagrama funcional 3.10..

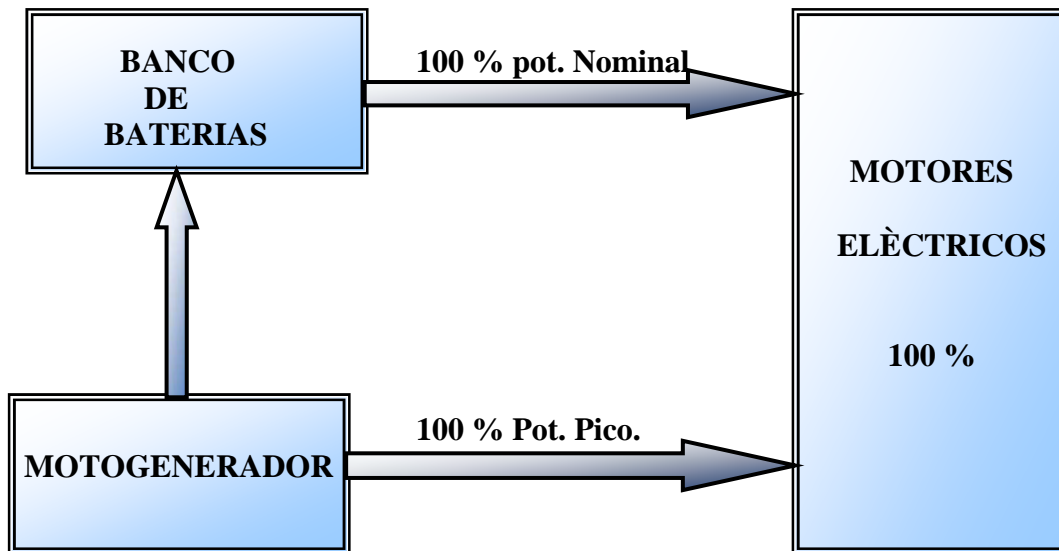


Diagrama 3.10 Funcionamiento de la segunda configuración

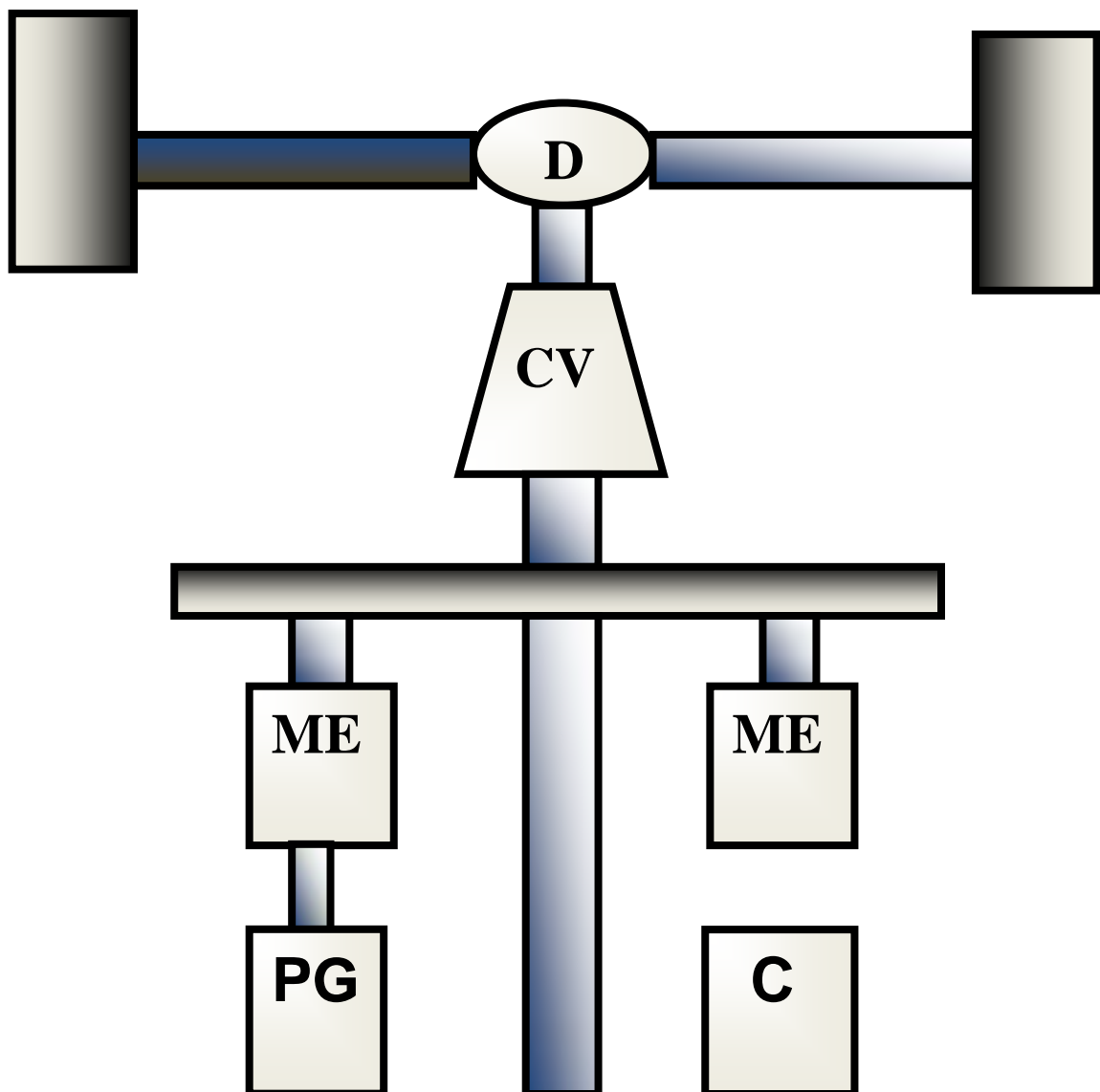
En este diagrama se encuentra especificado la propuesta de hacer uso del motogenerador cuya función es la de satisfacer el 100 % de la potencia pico a los motores eléctricos y a su vez debe recargar el banco de baterías. Como puede observarse el banco de baterías tiene que suministrar un 100 % de la potencia nominal a los motores eléctricos, por este motivo el motogenerador debe de ser capaz de llevar acabo dicho funcionamiento.



### 3.3 TERCERA PROPUESTA DE CONFIGURACIÓN

Esta configuración, funciona de manera muy similar a las propuestas anteriores, la diferencia principal es que cuenta con una caja de velocidades en el centro, y no como en los casos anteriores, en los cuales era necesario invertir la polaridad en los motores eléctricos para lograr obtener una marcha atrás, ya que aquí para cualquier marcha se emplearía la caja de velocidades.

A continuación en el esquema 3.11 se describe esta propuesta mencionada.



Esquema 3.11  
Conjunto del Vehículo Híbrido  
(Incorporación de la planta generadora)



### Nomenclatura

- **Diferencial (D)**
- **Caja de Velocidades (CV)**
- **Motor Eléctrico (ME)**
- **Planta Generadora (PG)**
- **Controlador (C)**

### 3.4 MONTAJE DE LA PLANTA

Las medidas de esta planta generadora se representan en la tabla 3.12 y que son de mucha utilidad, una parte importante que hace sencilla su incorporación es la disponibilidad del espacio que se tiene, siempre es recomendable que la planta se encuentre soportada sobre la estructura del VER, por lo que en este caso resulta conveniente ubicarla en el lugar que se ha tenido destinado al igual que en las anteriores configuraciones propuestas ya que ahí se encuentra en equilibrio con respecto al vehículo porque es un lugar de fácil acceso para realizar un servicio o reparación en el caso de algún problema mayor. Se ve que comparando las medidas de la planta generadora hay suficiente espacio para colocarla longitudinalmente y se considera lo apropiado para este caso.

Tabla 3.12 “Dimensiones Útiles”

Largo	33.5 [in]
Alto	27.5 [in]
Ancho	26.5 [in]
Peso	187 [lbs]
Potencia	8 [Kw]

Para esta configuración una planta generadora de 6 Kva (aproximadamente 4.8 kw) es suficiente ya que las baterías están desplazando aproximadamente 5 kva (4 Kw), sin embargo se hace la consideración de este tipo de planta de 8 Kw por cuestiones de sustentación a las baterías, haciendo referencia a lo anterior se ha tomado en cuenta que mediante este tipo de planta, a las baterías se le puede suministrar en promedio 30 amperes sin ningún problema, aunque también se le pudieran estar suministrando entre 70 y 80 amperes por un lapso de 10 a 15 minutos, pero en esta fase es sumamente importante estar monitoreando a las mismas debido al calentamiento que pudieran sufrir.



### **3.5 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN EN CADA PROPUESTA**

Como se ha descrito, se han especificado los componentes o elementos de cada propuesta del generador de corriente eléctrica para el vehículo eléctrico. Por tal motivo, esto induce a seleccionar una de las configuraciones mencionadas de acuerdo a las características principales que existe entre cada configuración.

De esta manera, el siguiente análisis de selección esta basado mediante los parámetros de costo, eficiencia, disponibilidad comercial, diseño, peso y otros, asignándoles un nivel jerárquico a cada uno de estos. Es importante destacar, que uno de los principales objetivos de la propuesta del vehículo híbrido eléctrico, es la investigación de nuevas formas, conceptos y tecnologías que pueden ser utilizadas para el área automotriz con el propósito de innovar o de transmitir ideas o conocimientos que sean empleados en un futuro. Sin embargo, la comercialización del vehículo juega un papel importante en la producción y adquisición de todos sus componentes, debido a que pueden ser estos fabricados nacionalmente. Finalmente, el criterio adquirido por el diseñador y el grupo de trabajo origina el rumbo del proyecto.

### **3.6 SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO HÍBRIDO**

En la presente sección, se describirán matrices comparativas entre los elementos más representativos de cada configuración de acuerdo a la metodología desarrollada. En la tabla 3.13 se proporciona una breve descripción de las características a evaluar, y en la tabla 3.14 se hace una comparación del grado de importancia entre los parámetros establecidos por cada elemento mecánico y eléctrico.

La ponderación de estos parámetros se determina con los puntos y porcentajes obtenidos de cada componente y el arreglo propuesto. Cuando el valor asignado es de 1 la prioridad es buena, y cuando es de 0 es mala; es decir, buena (100%), mala (0%).








Tabla 3.13 Descripción de las especificaciones planteadas para la selección de la configuración

Característica o parámetro	Descripción
A. Costo	Precio aproximado de la parte o componente a utilizar en moneda nacional.
B. Eficiencia	La capacidad de realizar su labor para el fin que es destinado mediante una cuantificación.
C. Disponibilidad comercial	La accesibilidad de adquirir un componente comercial, ya sea nacional o importado.
D. Diseño	Características obtenidas por el componente con el propósito de reunir ciertos requerimientos según la necesidad.
E. Peso	Masa total de la pieza, componente o el conjunto de elementos empleados para el vehículo.
F. Acoplamiento con los demás elementos	La forma en que se interactúa una o varias piezas con otro sistema mediante una unión.
G. Conexiones eléctricas	El enlace que existe entre una pieza o elemento con un dispositivo eléctrico.
H. Extracción del vehículo	La forma de extraer el componente o la pieza del vehículo hacia el exterior.
I. Mantenimiento	La revisión periódica de las partes y componentes comerciales que ejecuten su función, con el propósito de prevenir alguna falla.
J. Volumen	Cantidad de espacio que ocupara el elemento a emplear en el vehículo.
K. Compostura	En caso de no funcionar el componente debe conocerse al fabricante y el lugar para su reparación; al igual de la asistencia técnica que puede ofrecer.



Tabla 3.14 Matriz de ponderación (Evaluación entre las características de cada elemento representativo)

ELEMENTO	MOTOR DE COMBUSTION INTERNA LDW 502													
CARACTERISTICA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	SUMA		PORCENTAJE (%)
A. Costo	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2		3.57
B.Eficiencia	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10		17.86
C.Disponibilidad comercial	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3		5.36
D.Diseño	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1		1.76
E.Peso	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	9		16.07
F.Acoplamiento con los demás elementos	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	7		12.5
G.Conexiones eléctricas	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3		5.36
H.Extracción del vehículo	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	6		10.71
I.Mantenimiento	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2		3.57
J. Volúmen	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	9		16.07
K.Compostura	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	4		7.14
												56		100
ELEMENTO	MOTOR MATIZ 4 CILINDROS													
CARACTERISTICA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	SUMA		PORCENTAJE (%)
A. Costo	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2		3.57
B.Eficiencia	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10		17.86
C.Disponibilidad comercial	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9		16.07
D.Diseño	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2		3.57
E.Peso	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	8		14.28
F.Acoplamiento con los demás elementos	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	4		7.14
G.Conexiones eléctricas	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3		5.36
H.Extracción del vehículo	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	4		7.14
I.Mantenimiento	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	4		7.14
J. Volúmen	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	7		12.5
K.Compostura	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	3		5.36
												56		100
ELEMENTO	PLANTA GENERADORA													
CARACTERISTICA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	SUMA		PORCENTAJE (%)
A. Costo	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	5		9.09
B.Eficiencia	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10		18.18
C.Disponibilidad comercial	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	8		14.54
D.Diseño	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
E.Peso	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9		16.36
F.Acoplamiento con los demás elementos	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	4		7.27
G.Conexiones eléctricas	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	3		5.45
H.Extracción del vehículo	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		1.81
I.Mantenimiento	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	5		9.09
J. Volúmen	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	7		12.72
K.Compostura	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	3		5.45
												55		100



### CAPÍTULO 3 Propuesta del vehículo híbrido eléctrico

Tabla 3.15 Matriz de decisión para cada configuración

	1er. Configuración			2da. Configuración			3er. Configuración		
ELEMENTO	Motor LDW 502			Motor Matiz			Planta Generadora		
CARACTERÍSTICA	Característica (%)	Criterio	Producto (Ptos.)	Característica (%)	Criterio	Producto (Ptos.)	Característica (%)	Criterio	Producto (Ptos.)
A. Costo	3,57	4	0,14	3,57	2	0,07	9,09	3	0,27
B. Eficiencia	17,86	4	0,71	17,86	4	0,71	18,18	3	0,55
C. Disponibilidad Comercial	5,36	4	0,21	16,07	5	0,8	14,54	4	0,58
D. Diseño	1,76	4	0,07	3,57	5	0,18	0	4	0
E. Peso	16,07	4	0,64	14,28	2	0,29	16,36	2	0,33
F. Acoplamiento con los demás elementos	12,05	4	0,48	7,14	4	0,29	7,27	4	0,29
G. Conexiones Eléctricas	5,36	3	0,16	5,36	1	0,05	5,45	1	0,05
H. Extracción del Vehículo	10,71	5	0,54	7,14	4	0,29	1,81	4	0,07
I. Mantenimiento	3,57	4	0,14	7,14	4	0,29	9,09	5	0,45
J. Volumen	16,07	4	0,64	12,5	3	0,38	12,72	3	0,38
K. Compostura	7,14	3	0,21	5,36	3	0,16	5,45	2	0,11
	<b>Puntuación obtenida</b>		<b>3,94</b>	<b>Puntuación obtenida</b>		<b>3,51</b>	<b>Puntuación obtenida</b>		<b>3,08</b>



De acuerdo a la matriz de ponderación mostrada en la tabla 3.14 se obtuvieron los siguientes resultados y de ahí se puede deducir cual de las tres posibles configuraciones es la más apta.

Por ejemplo, el “Motor LDW 502” obtuvo un porcentaje en el parámetro de costo del 3.57% de los demás parámetros. Al multiplicar dicho porcentaje por el criterio designado para el motor (que es de 4), se consiguió una puntuación (de 0.14).

De la misma manera se realizó para los demás parámetros, originando una puntuación final que fue comparada con el componente de la otra configuración. De esta manera, se examina en la tabla 3.15 las puntuaciones totales de dichas configuraciones y se observa que la primera configuración tiene la mayor calificación, aunque la diferencia entre ellas no es representativa, siendo esta del 3.57 % .Esto se debe a que una configuración tiene ventajas en algún parámetro y elemento sobre la otra, pero a la vez padece de alguna característica negativa en otro componente. Por tal motivo, cualquier propuesta es aceptable o viable para su elaboración de acuerdo con los recursos con los que se cuenta para su desarrollo, es decir, instalaciones, equipo, herramientas, material y personal.

No obstante, pueden surgir diversas formas para seleccionar cada propuesta. La que se presenta tiene un beneficio de decisión para dar una idea de la opción más adecuada para el vehículo híbrido eléctrico. En el siguiente criterio se muestra una cotización aproximada de cada configuración, así como la forma de adquisición y la interacción con los demás elementos.

La primera configuración del vehículo híbrido eléctrico presenta una cotización del motor de combustión alrededor de \$40,000 pesos, teniendo una eficiencia aproximada del 85% y comprando la mayoría de sus elementos de sujeción dentro del país. El peso acumulado por dicha configuración oscila entre 70 y 90 Kg.

En este arreglo, el diseño propio es solamente aplicado a los acoplamientos entre los componentes comerciales de esta propuesta.

Por otro lado, la segunda configuración el motor a utilizar tiene un costo aproximado de \$ 25,300 pesos. La eficiencia obtenida es alrededor del 61.96 % en la mayoría de los elementos; al mismo tiempo, el peso alcanzado por este sistema es cercano a los 100 kg. De manera similar a la propuesta anterior, el costo, el peso acumulado y la eficiencia fueron determinados con los datos del motor eléctrico y los motores de combustión interna. Claro está, que el diseño original o propio se pone de manifiesto como una forma de solucionar la necesidad planteada.

En el caso de la tercer propuesta se utilizaría una planta de luz con motor a gasolina, de 8 Kw, la cual tiene un costo estimado de \$18,500 pesos, es de arranque rápido, automático con ignición electrónica y tiene un peso alrededor de los 90 Kg.



Una vez planteados todos los argumentos posibles para el desarrollo del vehículo híbrido eléctrico, se optó por la primera propuesta de configuración con la intención de investigar y adquirir resultados satisfactorios y su buena interacción con otros sistemas como son la suspensión, el bastidor y la dirección.

Sin embargo, queda el tema abierto a discusión, siendo este suceso el precursor de la idea que se pretende difundir para su análisis, observación y justificación. En el siguiente capítulo se continuará con el desarrollo de la propuesta al nivel de cálculos.



## Capítulo 4

### DISEÑO DE DETALLE

En este capítulo, ya contamos con los elementos del sistema híbrido, que de acuerdo a la propuesta, será el adecuado para el vehículo híbrido eléctrico en serie, es decir, nos enfocaremos a determinar las características de los elementos restantes para así poder contar en el final de este capítulo con las especificaciones completas del vehículo híbrido.

En los capítulos anteriores se describió cada uno de los sistemas que componen el vehículo eléctrico así como algunas de sus características, durante el proceso de definición del vehículo se examinaron algunas propuestas de configuración y estas se fueron eliminando después de realizar un análisis de cada una de estas, con ayuda de tablas de ponderación de parámetros y de la matriz de decisión para seleccionar los componentes de cada sistema en particular, en seguida se presenta la alternativa de solución para la posible construcción del vehículo híbrido eléctrico.

Tras el análisis realizado y con los resultados obtenidos por las técnicas aplicadas, para la selección de los componentes más adecuados, se procede a presentar una descripción breve de los componentes que conforman la propuesta del sistema.

Es importante mencionar que la selección de los elementos y el diseño favorecen de forma rápida y sencilla el ensamble del motor en el vehículo eléctrico, así como la distribución física de cada uno de los subsistemas de tracción eléctrica desarrollados.

El vehículo original, esta equipado con un motor Diesel enfriado por agua de 11.5 Hp de potencia. El peso del camión, incluyendo el sistema de tracción eléctrica, es de 2190 kg. Esto no incluye el banco de baterías.

#### 4.1 CONJUNTO DEL VEHÍCULO HÍBRIDO

Para el montaje de cada uno de los elementos en el chasis, es necesario realizar una serie de modificaciones las cuales se ven claramente haciendo una comparación o referencia al capítulo 3 a la figura 3.1 y comparándola ahora con la Fig. 4.1, en donde se puede apreciar como se modifican los travesaños de PTR que impedían de alguna manera la fácil colocación o a su vez la extracción del motor cuando fuese requerido bajo alguna circunstancia por el usuario. Así mismo en la parte inferior de este espacio disponible para el motor se hace un arreglo en la base con una pequeña placa que servirá para sujetar algunos de los componentes del motor como lo son el radiador y los elementos de soporte del mismo motor en los lugares que así lo requiera.

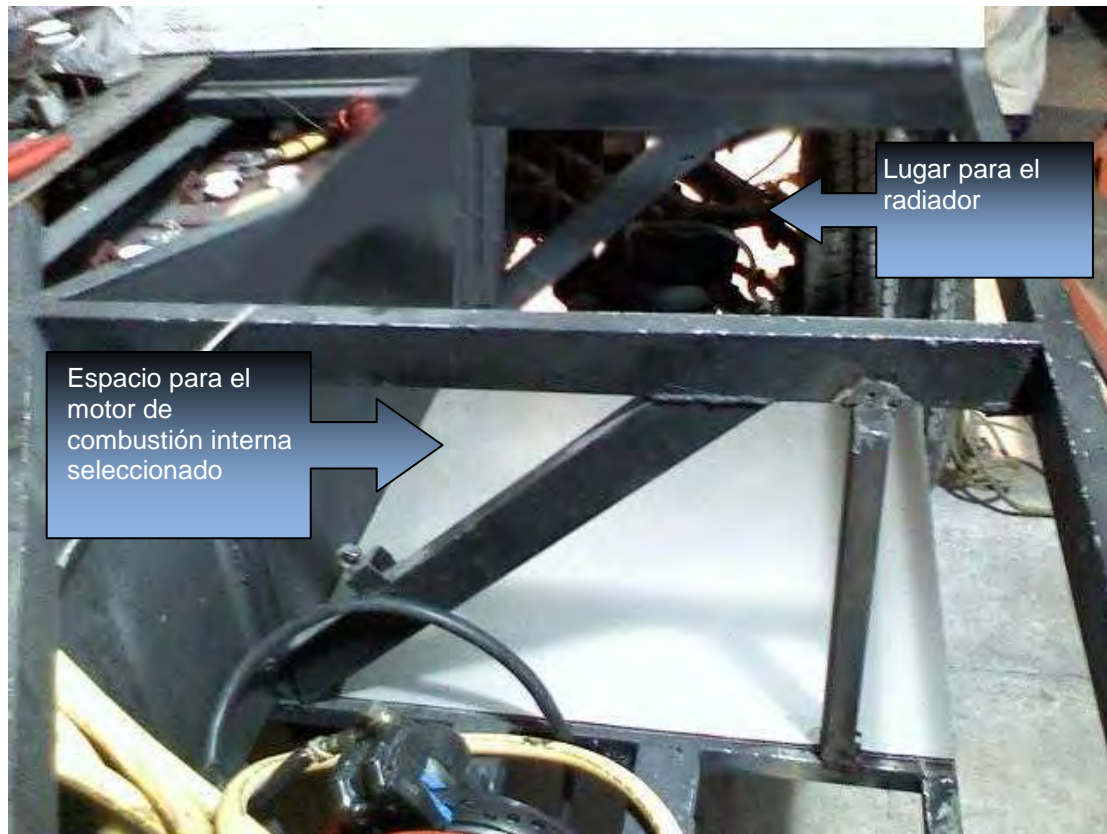
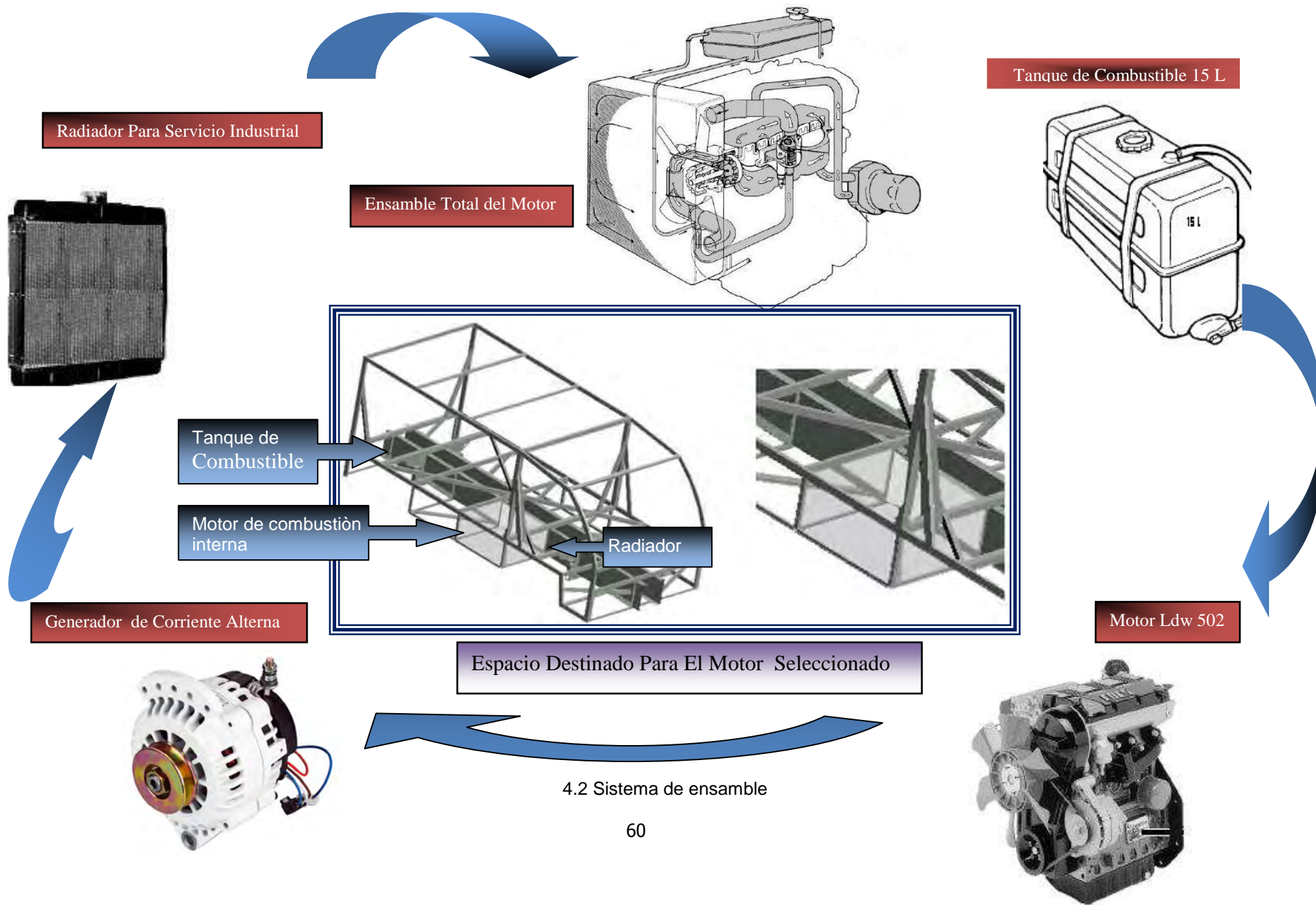


Fig. 4.1 Espacio modificado

A continuación, en el sistema de ensamble 4.2 se describe el espacio que será ocupado en el vehículo eléctrico de reparto, así como algunos de los elementos más importantes que forman parte del motor de combustión interna.



4.2 Sistema de ensamble





### 4.1.1 Componentes del motor seleccionado para la propuesta

#### - Sistema de Enfriamiento

Radiador tropicalizado para servicio industrial, ventilador tipo soplo completo con bandas y poleas con tensor de banda automático, termóstato, bomba centrífuga, medidor con dispositivo de protección por alta temperatura. Protecciones de radiador y cubierta ventilador originales diseñados y calculados por el fabricante del motor.

#### - Sistema de Combustible

Bombas de inyección, bomba de transferencia integral, regulador de presión de inyección, filtro de cartucho reemplazable con separador de agua.

#### - Sistema de Lubricación

Bomba de engrane, enfriador de aceite, filtro reemplazable, medidor con manómetro de protección por baja presión.

#### - Sistema Eléctrico

Motor de arranque, alternador de carga de batería, amperímetro, batería de servicio automotriz 1 x 320 A 12VCD, cables de conexión (cables de batería).

#### - Sistema de Admisión / Escape

Múltiple de admisión con filtro de aire tipo seco y detector de saturación del elemento filtrante; múltiple de escape y silenciador tipo hospital.

#### - Generador

El generador síncrono trifásico de corriente alterna, según normas NEMA IP23 a prueba de goteo, la capacidad de arranque de motores eléctricos es de 300% en KVA y la regulación de voltaje es de +/- 1.5% con colector de delgas y escobillas. Regulación automática de voltaje.

El motor de combustión interna esta dimensionado para suministrar solamente la energía promedio que el banco de baterías del vehículo requiere, ya que la potencia necesaria para los arranques o pendientes es suministrada por las baterías.

El vehículo híbrido se equipo con un motor de combustión interna, diseñado para funcionar con su máxima eficiencia. Si se genera más energía de la necesaria, los motores eléctricos se usan como generador y cargan las baterías del sistema. En otras situaciones, funciona sólo el motor eléctrico, alimentándose de la energía guardada en la batería.

En este vehículo el motor de combustión proporciona movimiento a un generador que carga las baterías. Cuando la duración del viaje excede a las prestaciones de la batería, el dispositivo generador se enciende. Para viajes más largos, el dispositivo



generador puede ser conectado automáticamente cuando las baterías alcanzan un nivel predeterminado de descarga.

El motor térmico impulsa un generador eléctrico, normalmente un alternador trifásico, que recarga las baterías, una vez rectificada la corriente, estas baterías alimenta al motor o motores eléctricos y estos son los que a su vez impulsan al vehículo.



## 4.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA CONFIGURACIÓN FINAL

Existen dos posibilidades de flujo de energía, la primera consiste en que el motogenerador se encargue exclusivamente de mantener un nivel de energía adecuado en el banco de baterías.

La segunda, en que el motogenerador sea capaz de enviar energía al banco de baterías y al mismo tiempo suministrarle a los motores eléctricos que impulsan las ruedas. Para la presente propuesta se optará por la primera de éstas, como se demuestra en la figura 4.3.

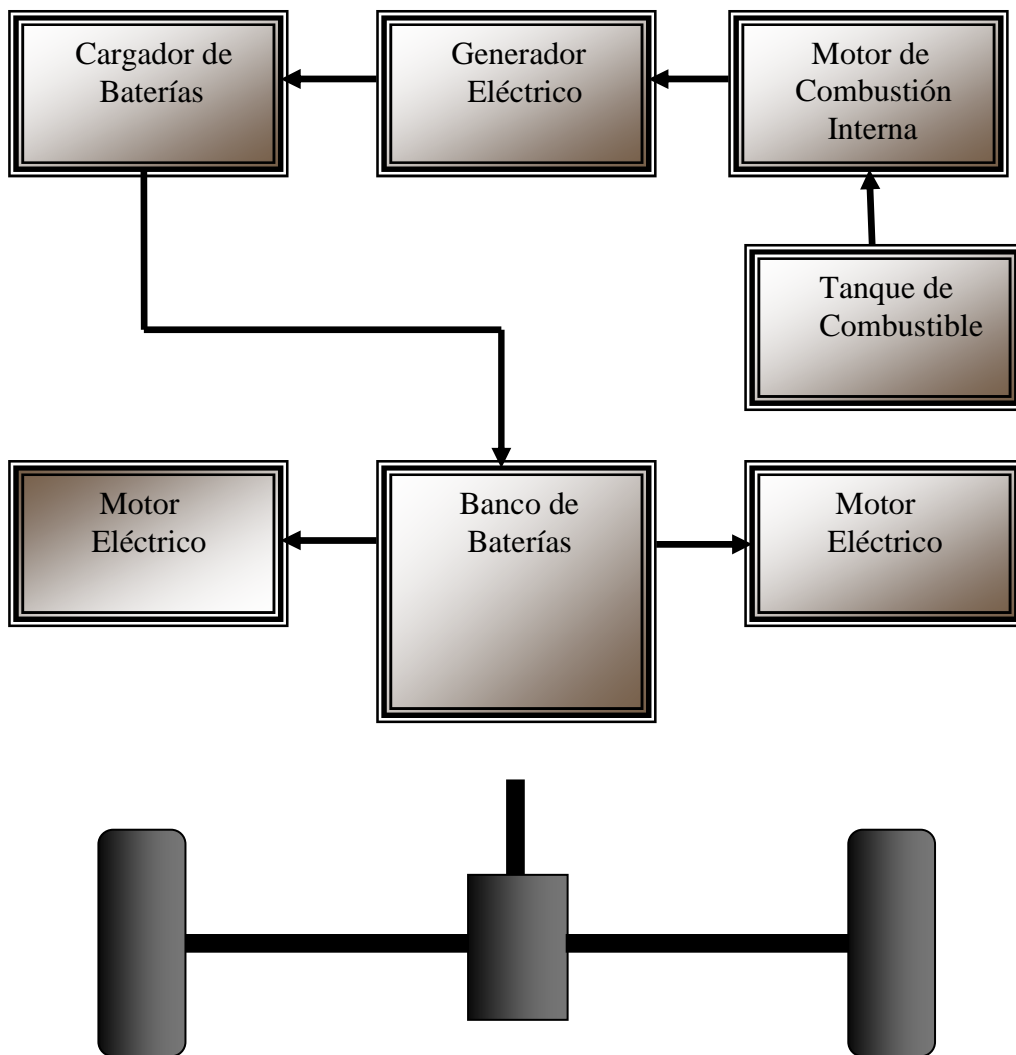


Fig. 4.3 Diagrama de la Configuración Final



### 4.3 CALCULOS QUE JUSTIFICAN EL MOVIMIENTO DEL VEHÍCULO A UNA VELOCIDAD MAXIMA CON CARGA 40 Km/h.

Esta información se basa en relaciones matemáticas obtenidas del libro “Ingeniería de vehículos” del autor Cascajosa Soriano Manuel (mostrado en la bibliografía), para efectos de mostrar el contexto en el que fue calculada la potencia requerida para mover al vehículo eléctrico.

#### \* Resistencia por Rodadura ( $W_r$ )

Esta resistencia depende de la naturaleza y estado de la superficie por donde circula el vehículo, de la carga de las ruedas, tipo de construcción, presión y diámetro del neumático.

$$\begin{aligned}R_r &= F \times P \\F &= 15 \text{ Kg/ton} \\P &= 3.0 \text{ ton} \\R_r &= (15 \text{ Kg/ton}) (3.0 \text{ ton}) = \mathbf{45 \text{ Kg}}\end{aligned}$$

#### \* Resistencia al Aire ( $W_i$ )

Si bien el vehículo utilitario eléctrico no desarrollará elevadas velocidades, las pérdidas por el roce del aire con la carrocería se expresan en la ecuación

$$\begin{aligned}R_a &= K \times S \times V^2 \\K^{(1)} &= 0.06 \\S &= 2.85 \text{ m}^2 \\R_a &= 0.06 \times 2.85 \times (40/3.6)^2 = \mathbf{21.11 \text{ Kg}}\end{aligned}$$

#### \* Resistencia por Pendiente ( $R_p$ )

$$\begin{aligned}R_p &= 10 P \times \\R_p &= (10)(3)(1) = \mathbf{30 \text{ Kg}}.\end{aligned}$$

#### \* Resistencia por Inercia ( $R_j$ )

$$\begin{aligned}R_j &= (P/g) \times J \\P &= 3 \times 10^3 \\R_j &= \frac{3 \times 10^3}{9.81} \times \frac{15 / (3.6 - 0)}{5} = (305.81)(0.833) = \mathbf{254.74 \text{ Kg}}\end{aligned}$$

#### \* Potencia Necesaria para 40 Km/H (En Llano)

$$\begin{aligned}W_m &= 0.1 W_m (\text{perdidas del 10 \%}) + (R_r + R_a)V \\W_m &= 0.1 W_m + (65.11 \text{ Kg})(11.11 \text{ m/s}) \\W_m &= 0.1 W_m + 723.37 \text{ Kgm/s} \\W_m &= 0.1 W_m = 723.37 \text{ Kgm/s} \\W_m &= 803.74 \text{ Kgm/s} = 10.72 \text{ CV} = 7.89 \text{ Kw} = \mathbf{10.6 [\text{Hp}]}\end{aligned}$$



\* **Potencia para Superar una Pendiente del 1% A 40 Km/H.**

$$W^{\wedge} = (R_r + R_p)V$$

$$W^{\wedge} = (45 \text{ Kg} + 30 \text{ Kg}) \times (40/3.6) = 833.33 \text{ Kg m/s} = 11.11 \text{ CV} = 8.176 \text{ Kw} = 11 \text{ [Hp]}$$

\* **Potencia Necesaria para Arrancar en la Pendiente del 1% con una Aceleración de 0 A 15 Km/H en 5 Segundos**

$$W^{\wedge\wedge} = (R_r + R_p + R_j)V$$

$$W^{\wedge\wedge} = (45 + 30 + 254.74) [\text{Kg}] \times (15/3.6) [\text{m/s}] = 1373.92 \text{ Kg m/s} = 18.32 [\text{CV}] = 13.483 \text{ Kw}$$

$$W_m = (18.32 / 0.9) = 20.36 [\text{CV}] = 15 \text{ Kw} = 20.1 [\text{Hp}]$$

#### 4.4 CÁLCULOS QUE JUSTIFICAN EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Para llevar a cabo el análisis y estudio para saber que motor de combustión interna sería el adecuado, se procedió a desarrollarse el mismo análisis de la siguiente manera:

El cálculo de la potencia almacenada en el banco de baterías se realizó de la siguiente forma:

$$P = 205 \times 0.15 \times 6 \times 1.5 = 276 [\text{VA}]. \text{ UNA BATERIA}$$

Si el proceso de carga de las baterías se llevara de manera normal entonces:

Tiempo de carga: 7 horas a voltaje estabilizado de 7,2 volts.

Las baterías se deben cargar con corrientes del orden de entre el 10 y el 20% de la capacidad, por lo tanto se elige 15% o sea 0,15.

El factor 1,5 representa aprox. que el voltaje de carga es superior al voltaje nominal de la batería (15 a 20% mas) mas las pérdidas asociadas al sistema.

Esto es por una batería, sin embargo como hay más baterías en serie tenemos que multiplicar la potencia por la cantidad de baterías.

Por lo tanto tendremos que,

$$\text{POTENCIA TOTAL} = 276 \times 20 = 5.52 (\text{KVA}) = 7.4 \text{ Hp almacenados en el banco de baterías}$$

Ahora si la idea es que el sistema trabaje "on line" se tiene lo siguiente:



la potencia del motor es igual a la potencia de las baterías más la potencia al motor de corriente continua.

Suponiendo que la potencia al motor de continua fuera de 2000 W entonces la potencia total es:

$$P = 276 \times 14 + 2000 = 5864 \text{ W o aprox. } 6 \text{ KW.}$$

Sistema “on line” se entiende cuando el generador alimenta simultáneamente a las baterías y al consumo en paralelo.

#### 4.5 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

Para establecer las características principales del vehículo utilitario a diseñar, se tomaron como referencia tres aspectos importantes:

1. Modelos de vehículos utilitarios híbridos en el mercado.
2. Modelos de vehículos utilitarios a gasolina (grandes fabricantes)
3. Entrevistas con usuarios de vehículos eléctricos de carga

El primer punto de referencia se basó en el estudio de un vehículo utilitario a gasolina de serie, del cual se extrajeron dimensiones generales y de componentes que se pretende utilizar en las especificaciones del diseño.

El segundo punto entregó la visión de los actuales usuarios de vehículos eléctricos.

- La autonomía dada por los vehículos utilizados es suficiente para una jornada laboral (si se recargan las baterías en la noche). Se recorren menos de 20 [km] diarios.
- Se cargan como máximo 1000 [kg] en el caso de distribución de bebidas en (caso crítico)
- Los vehículos con baterías ubicadas en la parte posterior tienden a “oscilar” en su parte delantera provocando la rotura de elementos de la suspensión tales como ballestas y soportes de amortiguador.
- La corta distancia entre ejes favorece la oscilación del vehículo y dificulta el ascenso o descenso por rampas.



#### 4.6 ESPECIFICACIONES FINALES DEL VEHÍCULO HÍBRIDO

La siguiente tabla 4.1 nos muestra las especificaciones finales del vehículo híbrido, es una recopilación de la información obtenida a lo largo de este trabajo y muestra las características más importantes.

Un punto importante es que existe una disminución en la cantidad de baterías y peso en el banco , es decir, pasan de 20 a 14 unidades, además que el peso contemplado es de 210 [Kg ] menos, aunque el vehículo se sigue manteniendo en un peso similar que al inicio, ahora se sitúa en 2350 [Kg], con una disminución neta de 135 [Kg], ello ya debido a la incorporación de los elementos necesarios como son: motor de combustión, embragues, tanque de combustible, así como elementos de sujeción , etc.

Tabla 4.1 “Especificaciones finales del vehículo híbrido”

Chasis		Baterías [Plomo-Ácido]	
Fabricante	F. Ingeniería	1 línea	14 baterías
Tipo	Camión ligero		
<b>Motor de combustión interna</b>		Peso unitario [Kg]	30
Fabricante	Lombardini	<b>Peso aprox. Banco de baterías</b>	
Combustible	Diesel	420 Kg	
Tipo de Motor	2 en línea	<b>Distancia mínima entre baterías</b>	
Disposición	Longitudinal	5 mm	
Desplazamiento [cm]	505	<b>Motor de combustión interna</b>	
Potencia[hp@rpm]	11.5 @ 3600	Peso en seco 60 Kg	
<b>Motor eléctrico</b>		<b>Suspensión</b>	
Tipo de motor	Corriente directa	Independiente (doble trapecio)	
Potencia [hp]	14		
<b>Potencia (Neta híbrida) [hp@rpm]</b>		<b>Reductor</b>	
@ 3600		Engranajes cónicos y helicoidales	
<b>Pesos y Capacidades [Kg]</b>			
En vacío	1600	<b>Elementos de Sujeción (MCI)</b>	
Capacidad de carga	1000	Comerciales	
Totalmente cargado	2600	<b>Presión de las ruedas</b>	
<b>Capacidad de pasajeros</b>		90 lb (alta presión)	
Cabina	2	<b>Ruedas</b>	
<b>Desempeño</b>		Rines [in]	15"
Velocidad máxima [Km/h]	40	Llantas	235-72
Pendiente máxima superable [%]	20	Capacidad del tanque de combustible [L]	15



## 4.7 COSTOS

En esta parte del trabajo de título se darán a conocer los costos asociados a la adquisición de los elementos que componen el vehículo. Si bien la estructura del vehículo y otros elementos mecánicos deben ser fabricados, para este resumen de costos solo se considerará el valor de las materias primas y componentes a utilizar.

Consideraciones generales:

- Para la producción del vehículo híbrido eléctrico será necesario contemplar el costo del motor de combustión interna LDW 502 y los elementos necesarios para su montaje. Los valores que se estiman son para la adquisición de un solo motor de combustión y por consiguiente un solo vehículo. Por lo tanto, el costo total tiene el carácter de un vehículo prototipo (elaboración unitaria), donde la compra de componentes en mayores cantidades genera descuentos por parte del proveedor.
- Como se mencionó a lo largo del trabajo, existen componentes en el chasis que fueron reacondicionados. Por lo tanto, el reordenamiento de estos elementos y el costo de ellos serán variables y difíciles de estimar con exactitud. Los valores que se entregan en este informe son reales, extraídos de una cotización al momento de realizar el trabajo de título. Se suponen el doble del valor del componente cotizado, para considerar como su valor final el elemento más el reacondicionamiento de éste.





- A continuación se presenta en la tabla 4.2 los elementos necesarios y sus respectivos precios comerciales al menudeo. Cabe aclarar que estos precios fueron tomados en el mes de Septiembre del 2008 y la tabla fue para tener una visualización a groso modo del costo del vehículo sin considerar costos de producción y otros.

Como se describió en el desarrollo del trabajo, se requirió de la cotización del motor indicado para usarlo en este proyecto que consiste en la conversión del vehículo puramente eléctrico a híbrido serie.

Las características del motor de combustión fueron las adecuadas, de acuerdo a los cálculos, para el propósito explicado.

La cotización sirvió como fundamento en el gasto para la solicitud del proyecto.

- Sin garantía de existencia, los precios son informativos y pueden cambiar sin previo aviso.

En el apéndice A se muestran las dimensiones del motor seleccionado para el sistema propuesto.

En el apéndice B podemos ver algunos de los servicios adicionales con que cuenta el motor LDW 502 para la configuración elegida.



## CAPÍTULO 4 Diseño de Detalle

Tabla 4.2 Costo de los elementos necesarios para la configuración fina

Característica/ Elemento	Motor C.I (Lombardini)	Motor 7" (c/u)	Controlador (c/u)	Reductor (c/u)	Baterías (c/u)	Suspensión (c/u)	Nivel Jerárquico
<b>Tipo</b>	LDW 502	Serie (alto par)	chopper	Engranajes cónicos y helicoidales	Plomo-Acido	Independiente (Doble trapecio)	
<b>Costo/Pza (pesos)</b>	40,000	13,980	9,060	18,092	2009	4,500	Primero
<b>Eficiencia</b>	85%	85%	85%	70%	-	Mayor estabilidad	Segundo
<b>Disponibilidad comercial</b>	importación	importación	importación	nacional	nacional	nacional	Tercero
<b>Diseño</b>	comercial	comercial	propio	propio	comercial	propio	Cuarto
<b>Peso (Kg.)</b>	60	37.27	10	40	28	-	Quinto
<b>Acoplamiento con los demás elementos</b>	Accesible de acuerdo a los estándares	Accesible de acuerdo a los estándares	Accesible conexión motor- controlador	Diseño de acoplamiento	Conexiones con cable AWG-1/0	comercial	Sexto
<b>Conexiones eléctricas</b>	No complejas	No complejas	No complejas	-	No complejas (en serie y paralelo)	-	Séptimo
<b>Extracción del vehículo</b>	Accesible	Accesible	Accesible	Operable	Accesible	Accesible	Octavo
<b>Mantenimiento</b>	Periodos regulares	Periodos regulares	Limitada (por ser un dispositivo eléctrico)	Larga vida	Periodos regulares	Periodos regulares	Noveno
<b>Compostura y/o reciclable</b>	Fabricante y/o particular	Fabricante y /o particular	Fabricante y /o particular	Fabricante y /o particular	Reciclables	Fabricante y /o particular	Décimo



De esta manera, el empleo de estos componentes se justifica con los argumentos previamente señalados por lo que la tecnología empleada en el vehículo no se encierra en un solo sistema, sino en la interacción y aportación de cada uno de estos dentro del vehículo, tratando de satisfacer los requerimientos y parámetros establecidos por el grupo de trabajo y las especificaciones definidas por el área de aplicación.

Finalmente el seguimiento de este trabajo continuará en un futuro con la obtención de resultados reales del rendimiento, eficiencia, diseño y adquisición de componentes empleados en este sistema.



## CONCLUSIONES

De acuerdo con el objetivo planteado al inicio de éste trabajo, y haciendo referencia a los resultados obtenidos durante el desarrollo del mismo se pueden exponer las siguientes conclusiones.

Se puede concluir que la propuesta planteada es factible, ya que se cuenta con los elementos suficientes para conseguirlo, así como la disponibilidad de estos en el mercado, también es importante que para poder llevar a cabo la implementación del motor en el vehículo eléctrico de reparto (VER) es necesario contar con algunos elementos de sujeción que permitan un adecuado soporte y un sistema de control que garantice tener un balance adecuado entre los componentes tanto mecánicos como electrónicos del vehículo.

A través del desarrollo de nuestra tesis nos dimos cuenta que el tema era muy amplio por lo que muchas veces se hicieron variaciones con respecto a este, ya que hay muchos tipos de motores para solucionar el problema de la contaminación y no usar el automóvil de motor de explosión.

El presente trabajo brinda una solución viable de un motor de combustión interna aplicado a un vehículo eléctrico de reparto. El motor de combustión interna fue seleccionado y adaptado con elementos comerciales así como el diseño propio de algunas otras piezas. Por tal motivo, la adquisición de estos componentes, la fabricación y aplicación de este sistema cumple con los objetivos previamente establecidos, así como también satisface los requerimientos y metas planteadas por el vehículo.

De esta manera, se desarrollaron cálculos para la elección de un motor adecuado a las necesidades requeridas, por lo que las variables con que fueron estudiados los parámetros del vehículo, pueden ser modificadas para realizar otros análisis del mismo tipo pero con restricciones diferentes a las propuestas por el automóvil.

El diseño de este sistema fue confeccionado por las capacidades y especificaciones mencionadas en el capítulo dos; debido a esto, cualquier parámetro que supere los valores establecidos provocará una disminución de la vida útil, en el caso de la primera configuración, trayendo como consecuencia la falla del sistema y la inmovilización del automóvil.

Evidentemente, el vehículo híbrido eléctrico (VHE) no representa “un salto tecnológico”, sino que aprovecha las tecnologías ya existentes, pero “en una nueva arquitectura que rompe paradigmas”.



## CONCLUSIONES

---

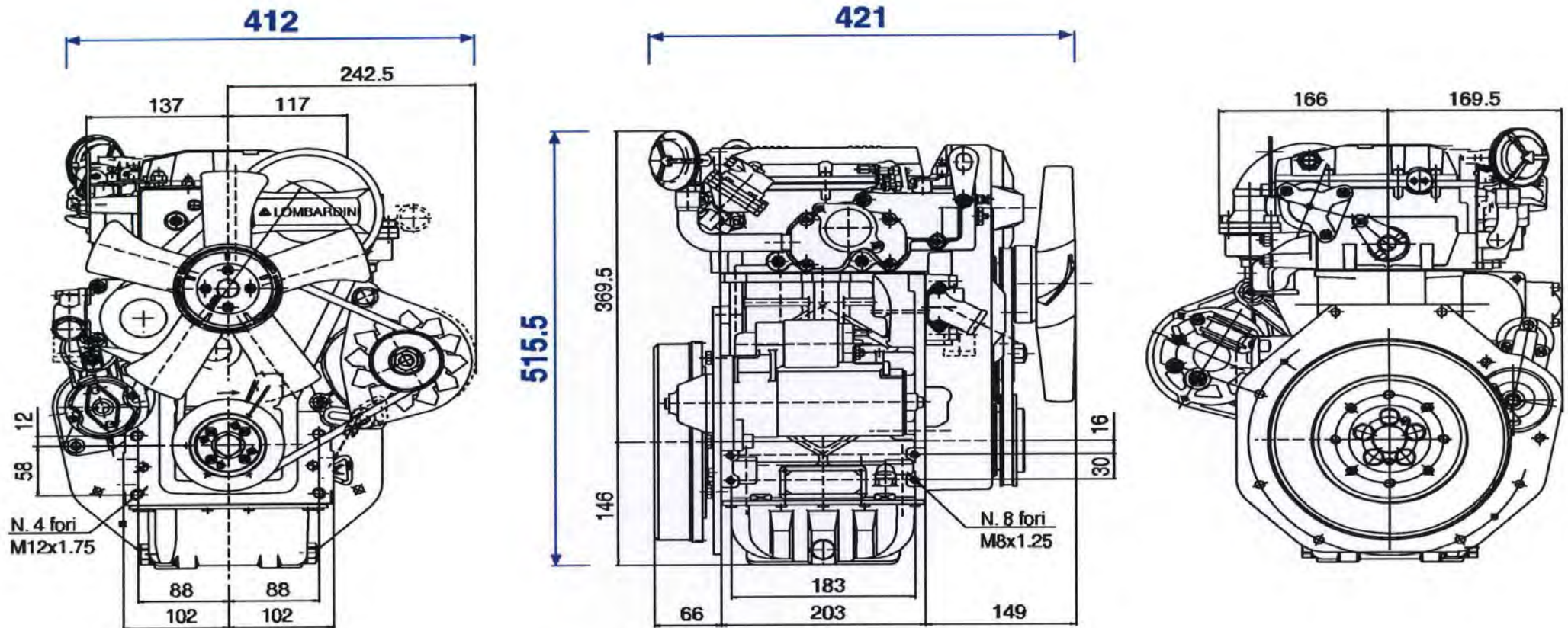
Es una solución “más eficiente, menos contaminante y más barata”, sin embargo, se reconoce que su ingreso en el mercado “es un proceso lento”, pues toda la cadena de producción debe adaptarse, con abultadas inversiones y certeza de retorno.

Finalmente podemos concluir, con lo realizado en este trabajo, que si bien los autos híbridos no son el modelo de coche perfecto es cierto que son un avance de cara a una tecnología más limpia y menos contaminante.



APÉNDICE A

Dimensiones del motor LDW 502





## **APÉNDICE B**

Los siguientes son algunos de los servicios adicionales que otorga el proveedor del motor de combustión LDW 502

### **Servicios Incluidos**

- Puesta en Marcha en el área Metropolitana sin costo (fuera del área metropolitana con repercusión de gastos)
- Curso de capacitación para los usuarios, a solicitud del cliente durante la puesta en marcha.
- Entrega a domicilio (a pie de camión, SIN MANIOBRAS) en área metropolitana sin costo, (fuera del área metropolitana con repercusión de gastos).

### **Servicios y accesorios opcionales**

- Instalación eléctrica y mecánica.
- Lote de refacciones de mantenimiento.
- Renta de bancos de pruebas.
- Medición avanzada.
- Comunicación y monitoreo remoto.
- Generación en paralelo.
- Corte de picos de consumo (peek-shaving).
- Transición cerrada (Generación en horario pico; transferencia y retransferencia sin parpadeos).



## **Bibliografía**

### **Libros**

1. Alcaide Marzal Jorge, Artacho Ramírez Miguel A. "Diseño de producto", 1ª ed, Alfaomega, 2004. 378 p.

2. Cascajosa Soriano Manuel "Ingeniería de vehículos", 2ª edición, Alfaomega, 2005 557 p.

### **Tesis**

3. Hernández Morfín David, "Diseño del tren motriz para un prototipo de un vehículo de eléctrico reparto" México 2000. 87 p. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecánica UNAM, Facultad de Ingeniería.

4. Reyes Farías Martín, Zapatero Jiménez Jose Vicente, "Diseño estructural de un stack de celdas de combustible tipo PEM" México 2005. 114 p. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecánica UNAM, Facultad de Ingeniería.

5. Pérez Ramos Gerardo, "Diseño de Bicicleta Urbana" México 2007. 65 p. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecánica UNAM, Facultad de Ingeniería.

6. Negrete Cortes Víctor, "Prototipo Didáctico de un Sistema Híbrido Automotor" México 2007. 135 p. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecánica UNAM, Facultad de Ingeniería.

### **Internet**

[http://www.etse.urv.es/DEEEA/HTM/Cat/Doc/Mat\\_doc/Descarregables/EA/Treballs/VehiculosHibridos.pdf](http://www.etse.urv.es/DEEEA/HTM/Cat/Doc/Mat_doc/Descarregables/EA/Treballs/VehiculosHibridos.pdf)

<http://www.sistemasgps.com.mx/generadores.html>

<http://www.aquapurificacion.com/generadores-monofasicos.htm>

<http://www.cimerent.com.mx/plantas.php>





<http://www.fundacionfitsa.org/fitsa/pub/13-Hibridos.pdf>  
[http://www.rcvenezuela.com/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=792](http://www.rcvenezuela.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=792)  
<http://www.fundacionfitsa.org/fitsa/pub/13-Hibridos.pdf>  
<http://cabierta.uchile.cl/revista/22/articulos/pdf/rev5.pdf>  
<http://www.mecanicavirtual.org/hibridos.htm>  
[http://www.christianhomesteaders.org/noahproject\\_sp\\_pt1.pdf](http://www.christianhomesteaders.org/noahproject_sp_pt1.pdf)  
[http://www.explicame.org/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=51](http://www.explicame.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=51)  
<http://gea.ing.unrc.edu.ar/gea/publicaciones/2002/029.pdf>  
[http://puntodereunion.org.mx/noticias/pdf\\_noticias/produce\\_empresa\\_mexicana\\_a\\_utos\\_hibridos.pdf](http://puntodereunion.org.mx/noticias/pdf_noticias/produce_empresa_mexicana_a_utos_hibridos.pdf)  
<http://www.cofemermir.gob.mx/uploadtests/3486.66.59.3.Panorama%20del%20estado%20actual%20de%20los%20veh%C3%ADculos%20el%C3%A9ctricos.txt>  
<http://www.iie.org.mx/publica/bolmj97/tenmj97.htm>  
<http://comosalvarlaespeciehumana.es.tl/El-auto-electrico.htm>  
[http://expodime.cucei.udg.mx/sep2004/memoria/Folio\\_15.pdf](http://expodime.cucei.udg.mx/sep2004/memoria/Folio_15.pdf)  
<http://www.vzh.com.ar/preguntas-baterias-automotrices.html>  
<http://www.automecanico.net/09/hibrido05.html>  
<http://www.cimerent.com.mx/cime.php>  
[www.cimepowersystems.com.mx](http://www.cimepowersystems.com.mx)  
[http://www.trasa.com.mx/suspension\\_neumatica\\_integral\\_heavy\\_duty\\_59.htm](http://www.trasa.com.mx/suspension_neumatica_integral_heavy_duty_59.htm)  
<http://www.mecanicavirtual.org/suspension9.htm>  
[http://132.248.9.9:8080/tesdig/Procesados\\_2000/278972/Index.html](http://132.248.9.9:8080/tesdig/Procesados_2000/278972/Index.html)