

# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA

## CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

### TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

“INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA INVERSOR  
PARA VEHÍCULOS HÍBRIDOS A TRAVÉS DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO  
DIDÁCTICO”

**Autores:** Espinoza Jorge

Flores Jonnathan

**Director:** Ing. Germán Erazo





# Contenido

- Objetivos
- Metas
- Introducción
- Funcionamiento del sistema inversor
- Diseño y construcción del módulo didáctico del sistema inversor
- Diseño de las placas para módulo didáctico
- Diseño del tren epicicloidal
- Operación y pruebas de funcionamiento
- Conclusiones
- Recomendaciones





# Objetivos

## *Objetivo general:*

- *Investigar los parámetros de funcionamiento del sistema inversor para vehículos híbridos a través de la construcción de un módulo didáctico.*

## Objetivos específicos:

- Recopilar información técnica y teórica inherente al funcionamiento del conjunto inversor utilizado en vehículos híbridos.
- Investigar el proceso de conversión de corriente que realiza un inversor para vehículos híbridos.



# Objetivos

- Simular y programar un microcontrolador que simule el tiempo de saturación de los transistores IGBT para conversión de la tensión eléctrica y flujos de energía dentro del vehículo híbrido.
- Simular condiciones de funcionamiento de un inversor para vehículos híbridos.
- Realizar la selección de los componentes eléctricos y electrónicos para el desarrollo del módulo didáctico.
- Construir un módulo didáctico donde se pueda verificar los parámetros programados y obtener datos de funcionamiento.

# Objetivos

- Realizar pruebas de funcionamiento al módulo construido.
- Analizar los resultados obtenidos del módulo didáctico para la documentación del funcionamiento del módulo de entrenamiento para vehículos híbridos.

# Metas

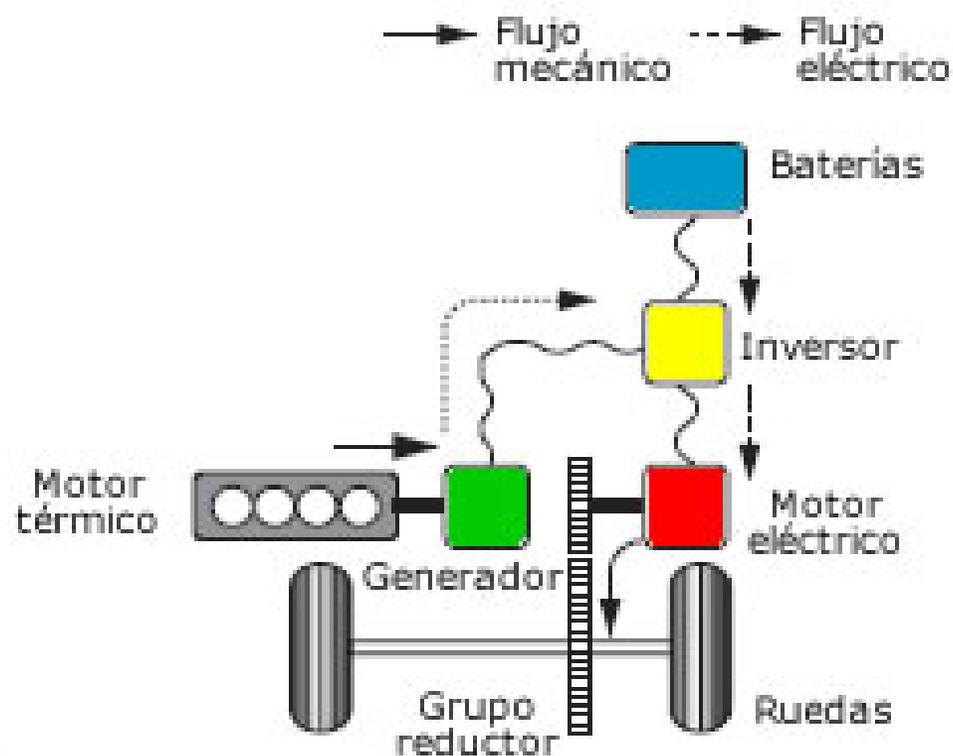
- Recopilar información técnica-científica acerca de las propiedades, características y parámetros de operación de los vehículos híbridos.
- Construir un módulo didáctico que simule el 80% del funcionamiento del conjunto inversor utilizado en vehículos híbridos.

# Introducción

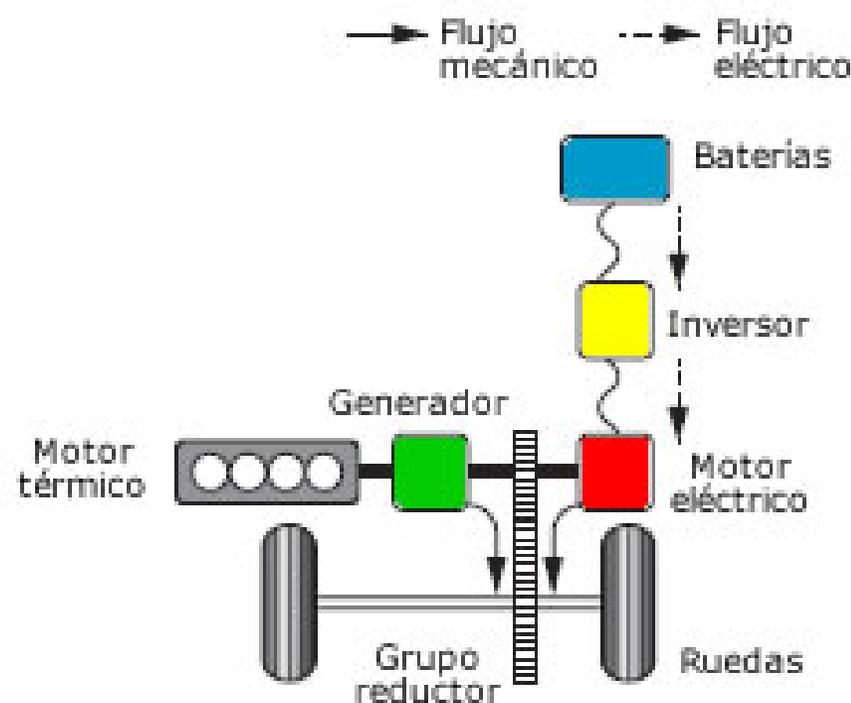
- Actualmente las exigencias en el diseño de vehículos y la preocupación por el medio ambiente son cada vez más amplias y constituyen un factor que impulsa a los fabricantes a desarrollar nuevas tecnologías, tal es el caso de los vehículos híbridos los cuales utilizan dos fuentes de energía distintas para impulsar el automóvil. Lo extraordinario de esta tecnología es que para lograr el funcionamiento del motor y movimiento del vehículo las dos fuentes de energía son utilizadas de manera coordinada y solicitada con una tecnología cada vez más desarrollada.

# Clasificación de los vehículos híbridos

- Híbrido en serie:

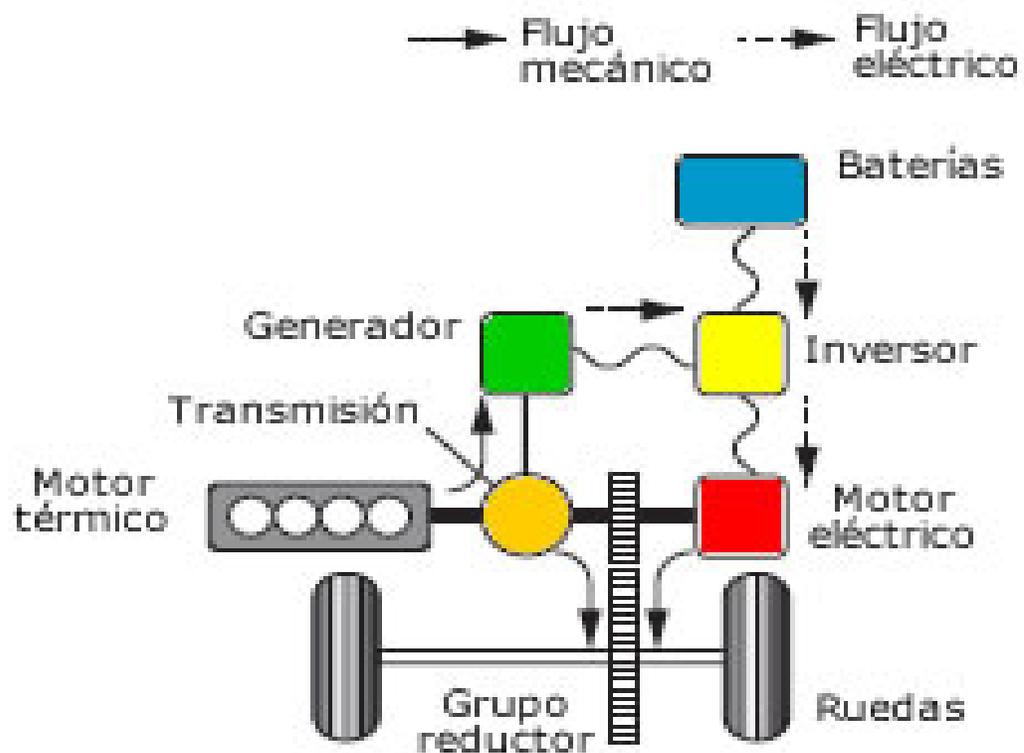


- Híbrido en paralelo:



# Clasificación de los vehículos híbridos

- Híbrido mixto:



# Elementos principales del vehículo híbrido

Motor de combustión interna



Batería HV



Convertor dc-dc



Motores generadores



Inversor



Batería Auxiliar



# Funcionamiento del sistema inversor

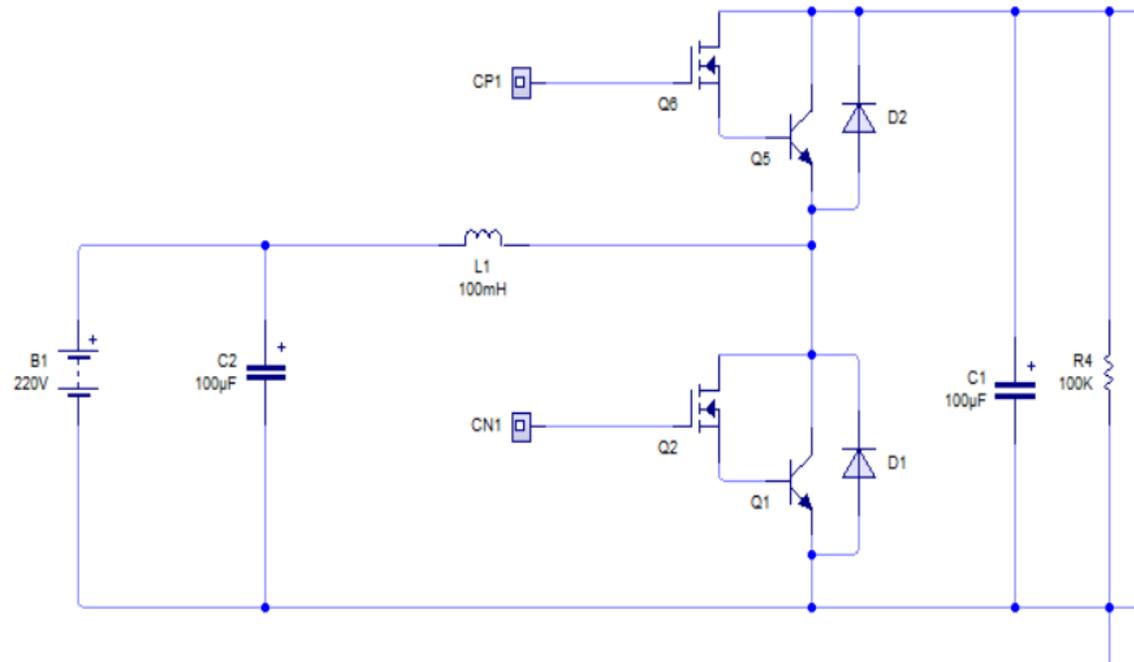
- El inversor en los vehículos híbridos es una de las partes más esenciales para el sistema híbrido, debido a que mediante este elemento se pueden mover los motores eléctricos y todos los accesorios dentro del automóvil, contiene una gran cantidad de componentes eléctricos y electrónicos.



# Funcionamiento del sistema inversor

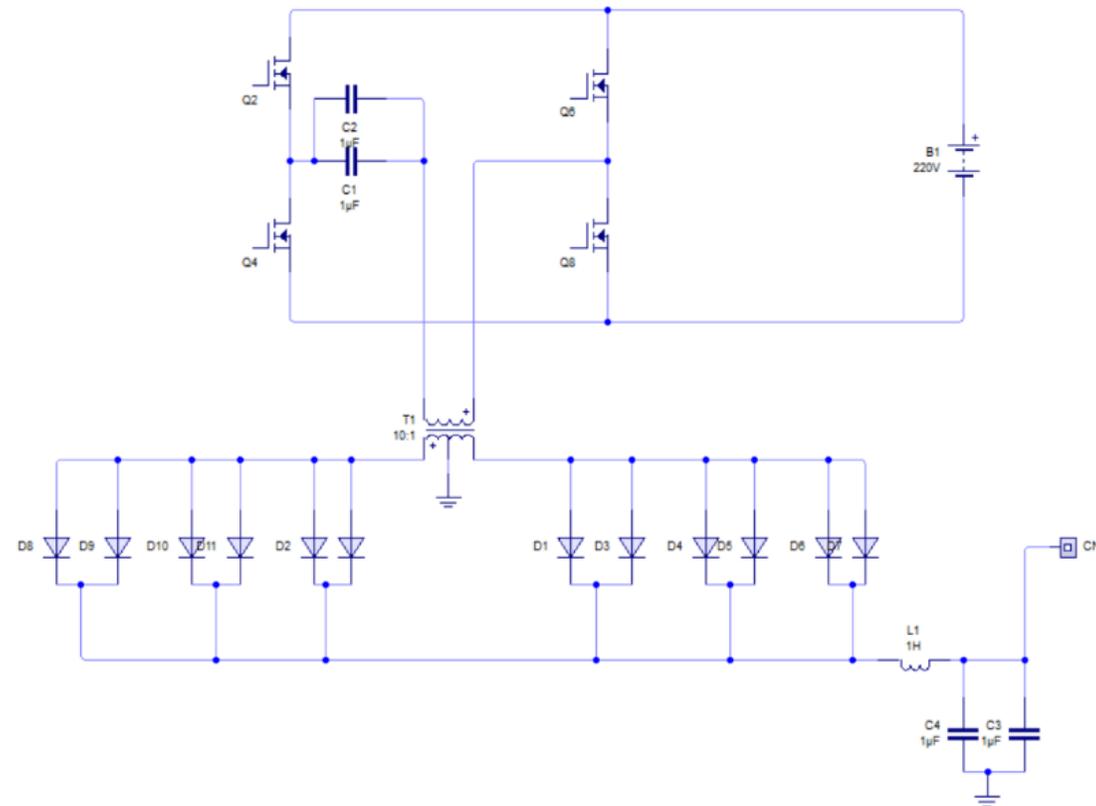
Etapas del sistema inversor:

- Elevación de voltaje



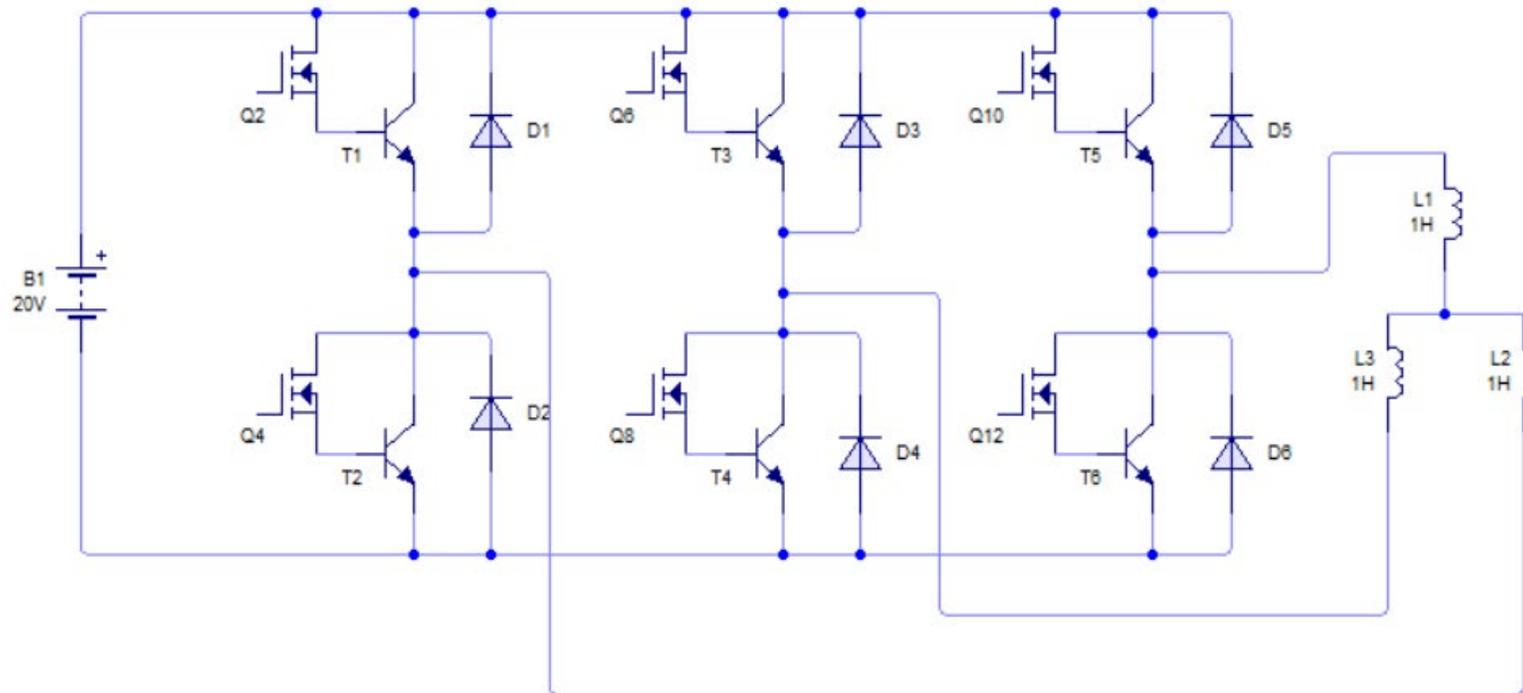
# Funcionamiento del sistema inversor

- Conversor dc-dc:



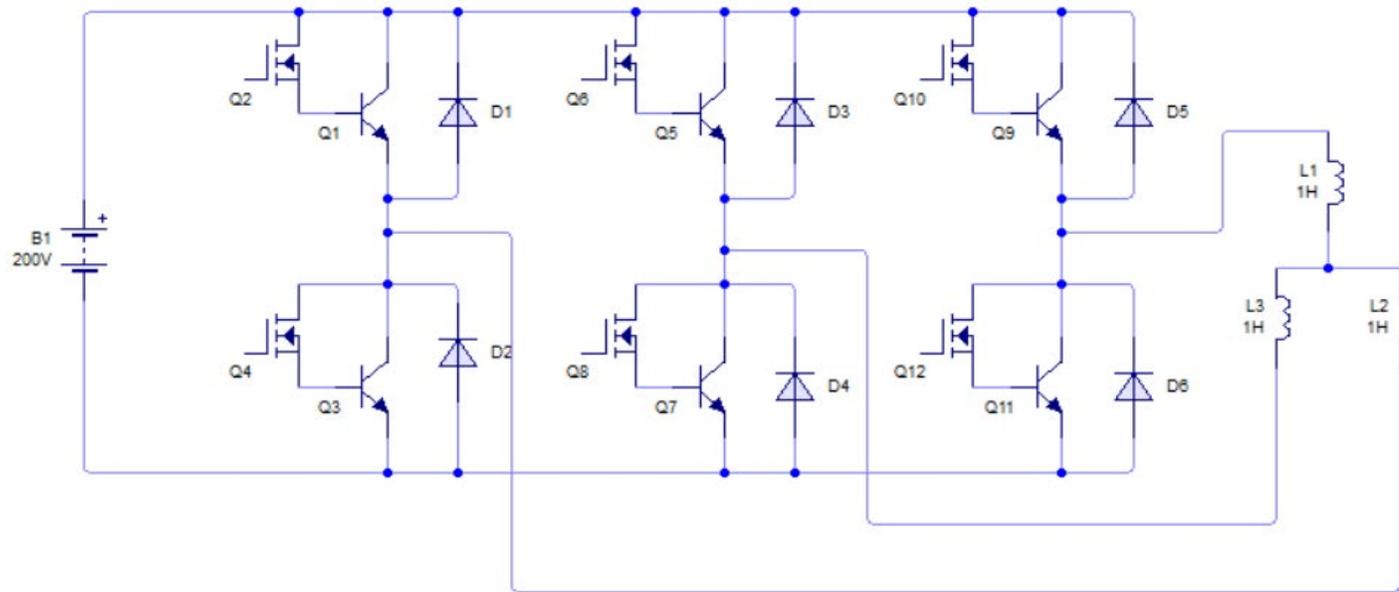
# Funcionamiento del sistema inversor

- Activación de los motores generadores:



# Funcionamiento del sistema inversor

- Inversor Aire Acondicionado:



# Diseño y construcción del módulo didáctico del sistema inversor

- Características de funcionamiento del módulo.

Ítem	Descripción
Micro controlador	AT-MEGA 328P
Voltaje de alimentación del módulo	110 VAC
Voltaje de alimentación de los motores DC	12 VCC
Corriente de alimentación para motores DC	20 A
Voltaje de alimentación circuito de control	5 VCC
Corriente de alimentación para el circuito de control	2 A

# Herramientas tecnológicas utilizadas en la investigación

**Vehículo Toyota Prius** Mediante el análisis de este vehículo, por medio del escáner para la obtención de datos, se pudo verificar valores de corriente y voltaje en el sistema inversor, así como RPM y voltaje en moto-generadores.



**Escaner G-Scan2** Se lo utilizó para la obtención de datos que refleja el automóvil, como son voltajes, rpm, corriente, etc.



# Modos de operación analizados

Modo	Nombre
1	Vehículo detenido con carga suficiente
2	Vehículo detenido MCI arranca
3	Vehículo detenido cargando baterías
4	Vehículo en movimiento (baja carga) salida eléctrica
5	Vehículo en movimiento MCI arranca
6	Vehículo en movimiento media y alta potencia cargando baterías
7	Vehículo en movimiento máxima potencia
8	Freno regenerativo
9	Reversa

# Modo 1

## Procedimiento

## Ilustración

Encender el vehículo, presionando el botón Start dentro del vehículo, aparece la palabra READY



Visualizar los parámetros del modo 1 en el panel principal.



Conectar el escáner automotriz, y anotar los valores de operación del vehículo

	Valor	Unidad
Batería Bloque tensión 10	15.29	V
Batería Bloque tensión 11	15.27	V
Batería Bloque tensión 12	15.29	V
Batería Bloque tensión 13	15.24	V
12V Voltaje batería	14.45	V
<b>Voltaje batería</b>	<b>214.0</b>	<b>V</b>
Battery Cooling Pan Voltage 0	0.0	V
Consumo ventilador refrigeración temperatura del aire	20.1	°C
Batería temperatura 0	19.0	°C
Batería temperatura 1	19.1	°C

# Modo 2

## Procedimiento

## Ilustración

Esperar que la batería descienda hasta que necesite cargarse.



En el escáner visualizar los parámetros del modo 2

Nombre de artículo(188/195)	Valor	Unidad
Batería carga lateral Potencia control (WIN)	-20.0	kW
Lateral batería Control Descarga Potencia (Wout)	18.5	kW
Δ SOC	0.0	%
Battery Capacity SOC after IG ON	59.5	%
Battery Capacity SOC Maximum Value	60.0	%
Battery Capacity SOC Minimum Value	38.0	%
Modo control	Mode1	
Modo ventilador refrigeración 0	0	Mode
Battery Cooling Fan Lo Request	OFF	
Circuito sobretensiones	4.98	V

Visualizar rpm en el escáner cuando se encienda el MCI

Nombre de artículo(96/195)	Valor	Unidad
De temperatura del motor N ° 2	50	°C
Generator Temperature after IG ON	38	°C
Generator Temperature Maximum Value	50	°C
Generador RPM	-562	r/min
(Fr) temperatura del motor N ° 1	33	°C
(Fr) Motor Temperature after IG ON	28	°C
(Fr) Motor Temperature Maximum Value	33	°C
(Fr) RPM del motor	572	r/min
Generador par	-0.00	Nm

# Modo 3

## Procedimiento

## Ilustración

En el escáner visualizar los parámetros del motor de combustión

Nombre de Sensor(8/54)	MID	Valor	Unidad
Fuel System Status-Bank1	E8	CLSD LOOP	
Fuel System Status-Bank2	E8	--	
Calculated Load Value	E8	65.5 %	
Sensor de Temperatura del Refrigerante del Motor	E8	55 °C	
Short Term Fuel Trim-Bank1	E8	5.5 %	
Long Term Fuel Trim-Bank1	E8	0.0 %	
Manifold Absolute Pressure Sensor	E8	57 kPa	
<b>Velocidad del Motor</b>	<b>E8</b>	<b>1225</b>	<b>RPM</b>
Sensor de Velocidad del Vehículo	E8	0 km/h	
Ignition Timing Advance for 1 Cylinder	E8	12 °	

En el escáner visualizar los parámetros de los motores eléctricos.

Nombre de artículo(96/195)	Valor	Unidad
De temperatura del motor N ° 2	50	°C
Generator Temperature after IG ON	38	°C
Generator Temperature Maximum Value	50	°C
Generador RPM	911	r/min
(Fr) temperatura del motor N ° 1	-903	r/min
(Fr) Motor Temperature after IG ON	33	°C
(Fr) Motor Temperature Maximum Value	28	°C
(Fr) RPM del motor	33	°C
Generador par	911	r/min
Par del generador (real)	-0.00	Nm
Función	Normal	

# Modo 4

## Procedimiento

Con el vehículo en READY, colocar en la posición D, y presionar ligeramente el acelerador

## Ilustración



En el escáner visualizar los parámetros de los motores eléctricos del modo 4.

Análisis de Datos(Todos los artículos)		
Nombre de artículo(92/195)	Valor	Unidad
Inmovilizador del motor Start permiso estado	xxxxx	
Fluencia Ratio cuando IPA	1.0	
HV standby Mode	Normal	
De temperatura del motor N ° 2	38	°C
Generator Temperature after IG ON	38	°C
Generator Temperature Maximum Value	36	°C
Generador RPM	558	r/min
(Fr) temperatura del motor N ° 1	30	°C
(Fr) Motor Temperature after IG ON	28	°C
(Fr) Motor Temperature Maximum Value	30	°C

# Modo 5

## Procedimiento

Después del modo 4, se acelera un poco más, para obligarle al motor de combustión se encienda.

## Ilustración

Short Term Fuel Trim-Bank1	E8	5.5 %
Long Term Fuel Trim-Bank1	E8	0.0 %
Manifold Absolute Pressure Sensor	E8	57 kPa
<b>Velocidad del Motor</b>	<b>E8</b>	<b>1225 RPM</b>
Sensor de Velocidad del Vehículo	E8	0 km/h
Ignition Timing Advance for 1 Cylinder	E8	12 °

En el escáner visualizar los parámetros de los motores eléctricos y del motor de combustión del modo 5.

Análisis de Datos(Todos los artículos)		
Nombre de artículo(92/195)	Valor	Unidad
De temperatura del motor N ° 2	53	°C
Generator Temperature after IG ON	38	°C
Generator Temperature Maximum Value	53	°C
<b>Generator RPM</b>	<b>1209</b>	<b>r/min</b>
(Fr) temperatura del motor N ° 1	43	°C
(Fr) Motor Temperature after IG ON	28	°C
(Fr) Motor Temperature Maximum Value	43	°C
(Fr) RPM del motor	3091	r/min
Generator par	1.12	Nm
Par del generador (real)	0.75	Nm

# Modo 6

## Procedimiento

Se sigue presionando el acelerador, para cambiar al modo 6, y obtener los parámetros.

## Ilustración

Nombre de artículo(92/195)	Valor	Unidad
De temperatura del motor N ° 2	50	°C
Generator Temperature after IG ON	38	°C
Generator Temperature Maximum Value	51	°C
<b>Generador RPM</b>	<b>5520</b>	<b>r/min</b>
(Fr) temperatura del motor N ° 1	38	°C
(Fr) Motor Temperature after IG ON	28	°C
(Fr) Motor Temperature Maximum Value	38	°C
(Fr) RPM del motor	3652	r/min
Generador par	-20.38	Nm
Par del generador (real)	113.00	Nm

En el escáner visualizar los parámetros de los motores eléctricos y del motor de combustión del modo 5.

Nombre de artículo(1/195)	Valor	Unidad
Temperatura del aire exterior	18	°C
Presión Atmosférica	73	kPa
Temperatura del refrigerante del motor	85	°C
<b>RPM del motor</b>	<b>2898</b>	<b>r/min</b>
<b>De velocidad del vehículo</b>	<b>62</b>	<b>km/h</b>
Tiempo transcurrido desde el arranque del motor	2215	sec
Sensor Acelerador N ° 1 Abrir / Cerrar Ángulo	82.7	%
Acelerador Sensor Apertura N ° 1	28.2	%
Acelerador Sensor Apertura N ° 2	44.7	%
Calentamiento Conde después Dirección General Clear	2	

# Modo 7

## Procedimiento

En el modo 7 se le exige todo a potencia al vehículo, y se observa los parámetros.

## Ilustración

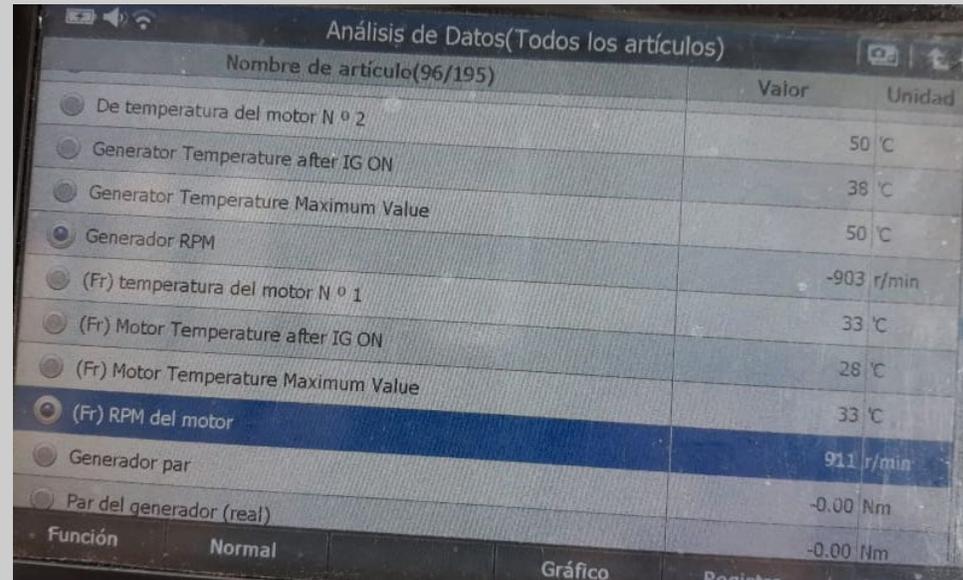
Nombre de artículo(92/195)	Valor	Unidad
De temperatura del motor N ° 2	51	°C
Generator Temperature after IG ON	39	°C
Generator Temperature Maximum Value	51	°C
<b>Generador RPM</b>	<b>9461</b>	<b>r/min</b>
(Fr) temperatura del motor N ° 1	39	°C
(Fr) Motor Temperature after IG ON	28	°C
(Fr) Motor Temperature Maximum Value	39	°C
(Fr) RPM del motor	4632	r/min
Generador par	-27.63	Nm
Par del generador (real)	-27.50	Nm

# Modo 8

## Procedimiento

Cuando se encuentra a una alta velocidad, se debe frenar despacio el vehículo para observar la recuperación de energía

## Ilustración



Análisis de Datos(Todos los artículos)

Nombre de artículo(96/195)	Valor	Unidad
<input type="radio"/> De temperatura del motor N ° 2		
<input type="radio"/> Generator Temperature after IG ON	50	°C
<input type="radio"/> Generator Temperature Maximum Value	38	°C
<input checked="" type="radio"/> Generador RPM	50	°C
<input type="radio"/> (Fr) temperatura del motor N ° 1	-903	r/min
<input type="radio"/> (Fr) Motor Temperature after IG ON	33	°C
<input type="radio"/> (Fr) Motor Temperature Maximum Value	28	°C
<input checked="" type="radio"/> (Fr) RPM del motor	33	°C
<input type="radio"/> Generador par	911	r/min
<input type="radio"/> Par del generador (real)	-0.00	Nm
<input type="radio"/> Par del generador (real)	-0.00	Nm

Función Normal Gráfico Registro

# Modo 9

## Procedimiento

Se debe detener por completo el vehículo, y colocar la palanca en la posición R.

## Ilustración



Se presiona levemente el acelerador y se observa los parámetros en el escáner.

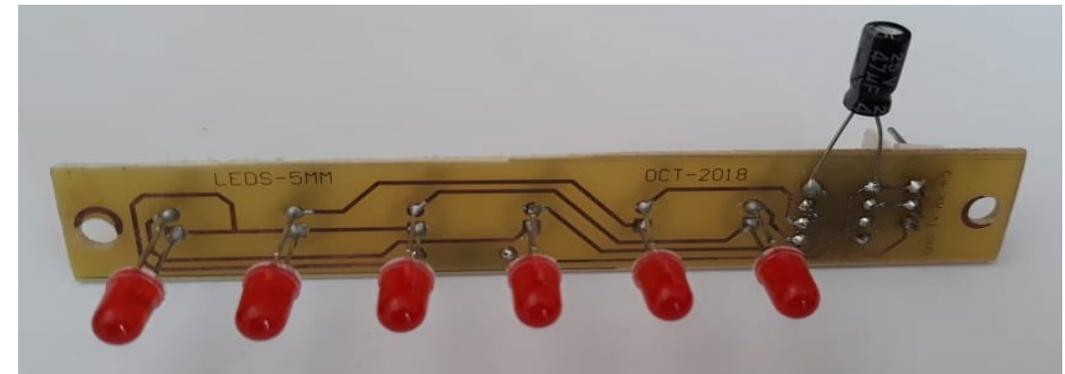
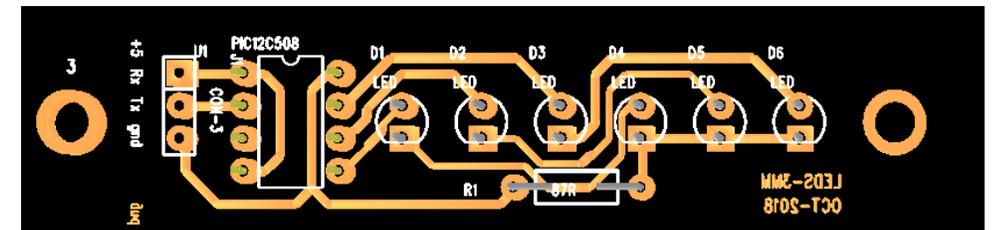
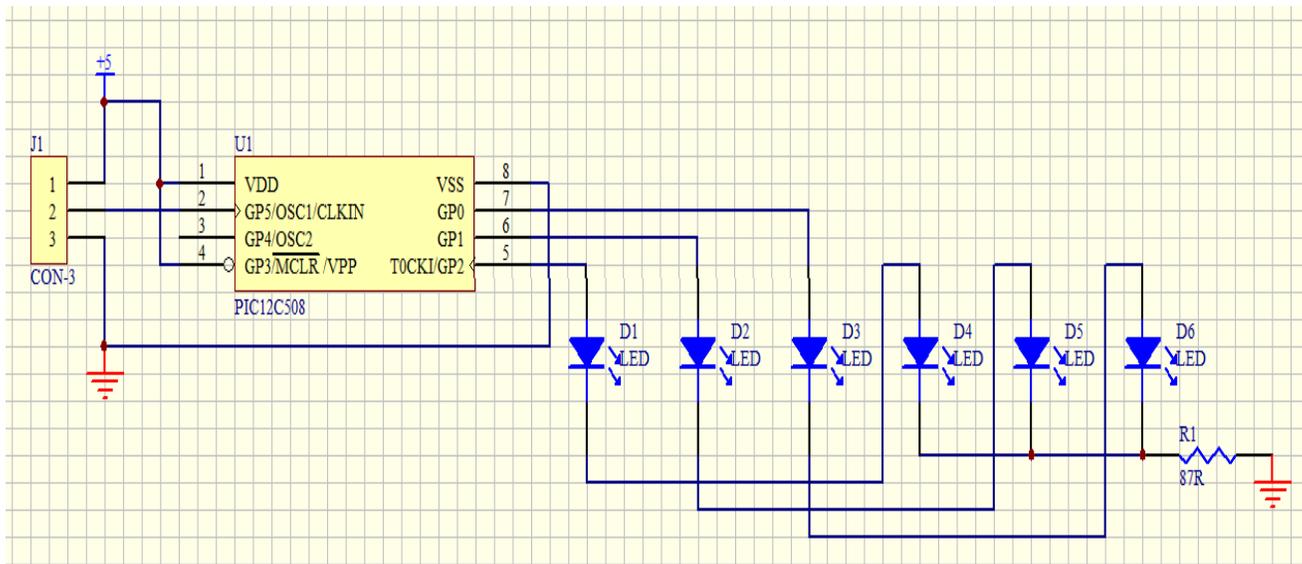
Análisis de Datos(Todos los artículos)		
Nombre de artículo(96/195)	Valor	Unidad
De temperatura del motor N ° 2		49 °C
Generator Temperature after IG ON		38 °C
Generator Temperature Maximum Value		49 °C
Generator RPM	644	r/min
(Fr) temperatura del motor N ° 1		32 °C
(Fr) Motor Temperature after IG ON		28 °C
(Fr) Motor Temperature Maximum Value		32 °C
(Fr) RPM del motor	-654	r/min
Generator par		-0.00 Nm
Par del generador (real)		-0.00 Nm

# Selección de elementos eléctricos y electrónicos

<b>Materiales</b>	<b>Descripción</b>
<b>Pantalla LCD</b>	Pantalla para caracteres alfanuméricos de 20 * 4
<b>Pantalla táctil TFT</b>	Pantalla táctil de 4.3 "
<b>Teclado</b>	Matriz de teclado de 4 * 4
<b>Interruptores</b>	Interruptor de 2 posiciones
<b>Leds</b>	Leds de 5 mm, colores rojo, verde y azul
<b>Motores DC</b>	Motores DC de 12 V
<b>Potenciómetro</b>	Potenciómetro de 10 k
<b>Resistencias</b>	Resistencias de 1 k y 330 ohm
<b>Microcontroladores</b>	PIC 12F675 y 16F628A
<b>Condensadores</b>	Condensadores de 4.7 uF
<b>Arduino nano</b>	Arduino nano AT-MEGA 328P
<b>Driver para control de motores</b>	Driver In298

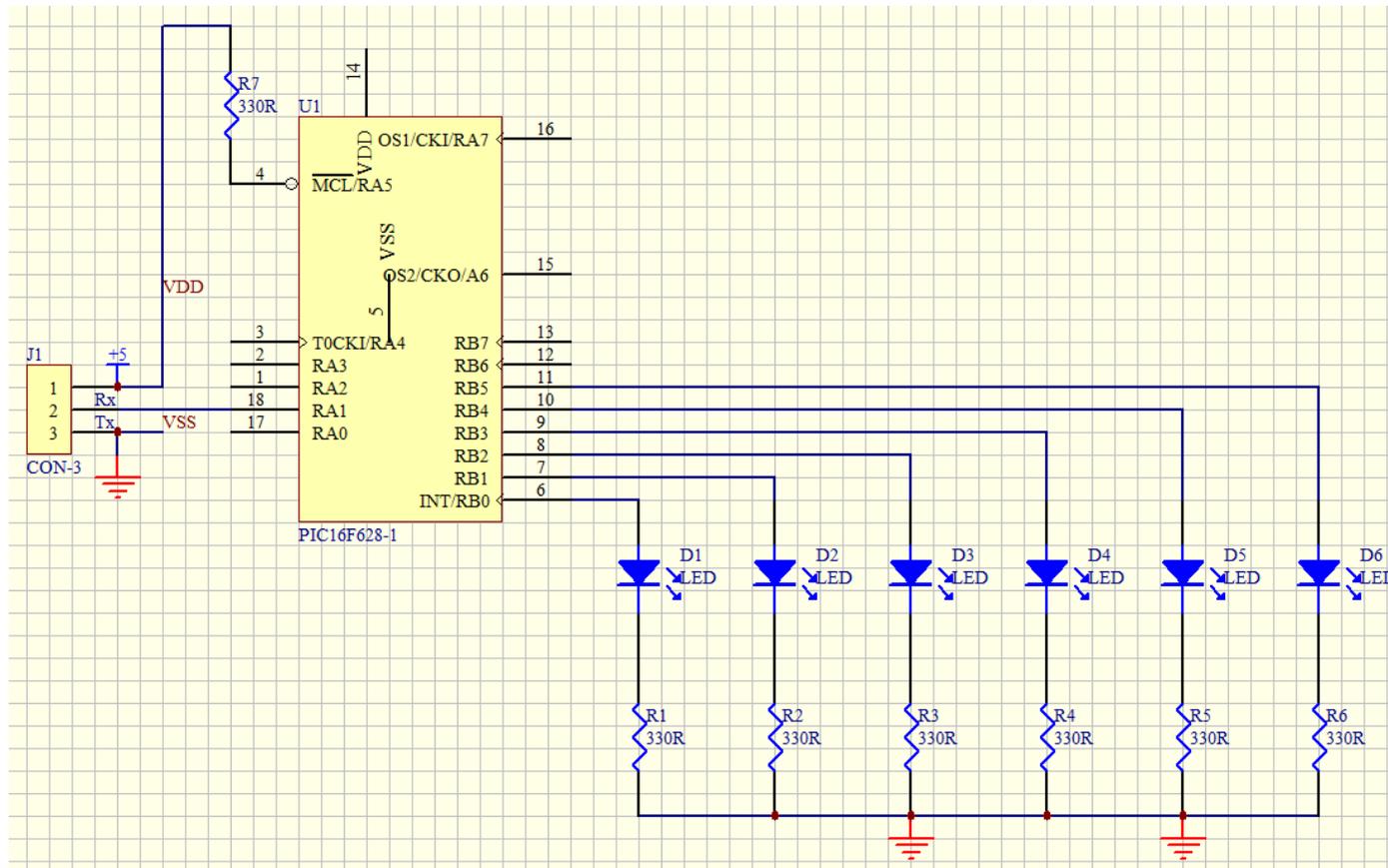
# Diseño de las placas para módulo didáctico

- Secuencia de leds:



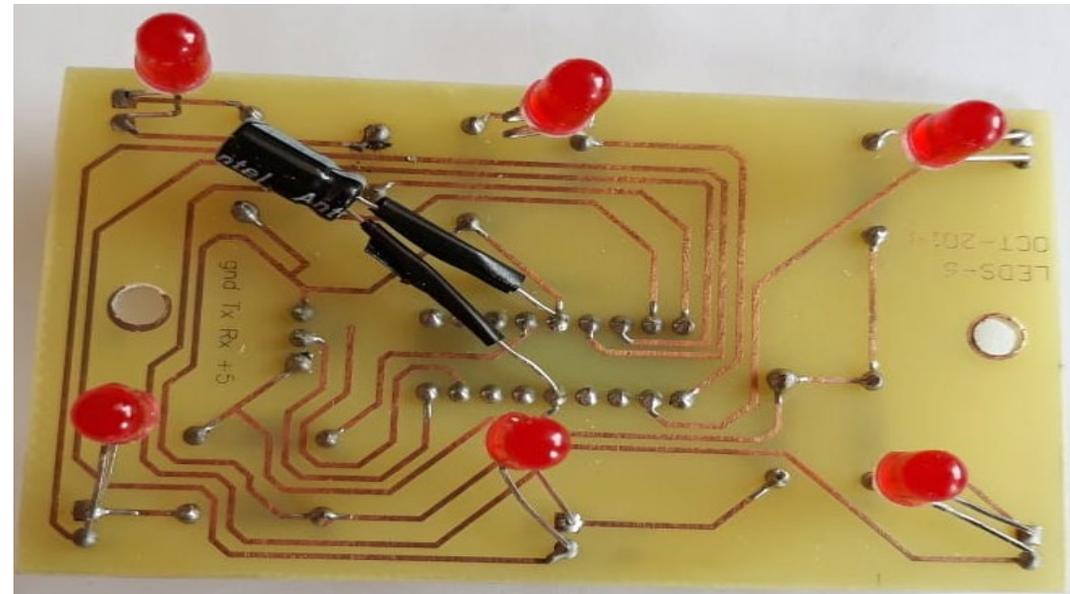
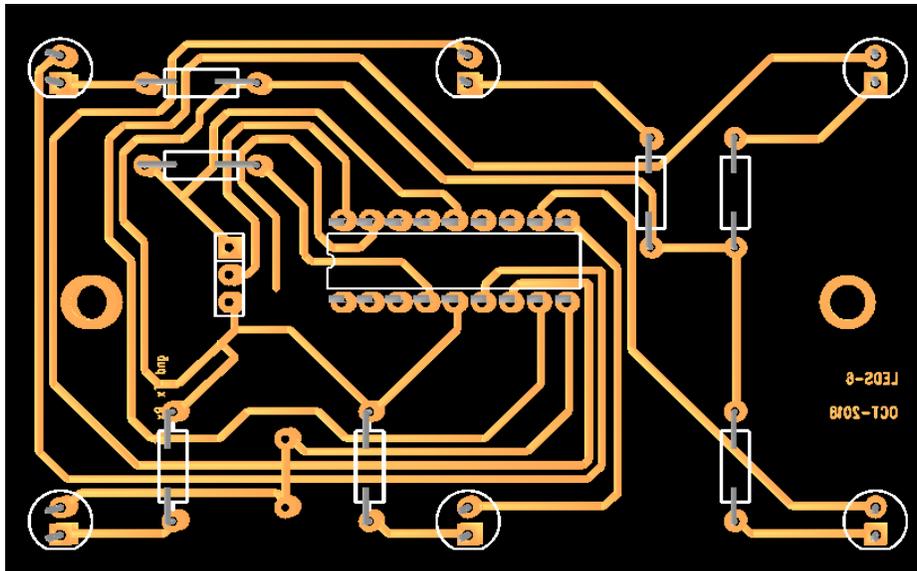
# Diseño de las placas para módulo didáctico

- Inversor (Activación de IGBTs):



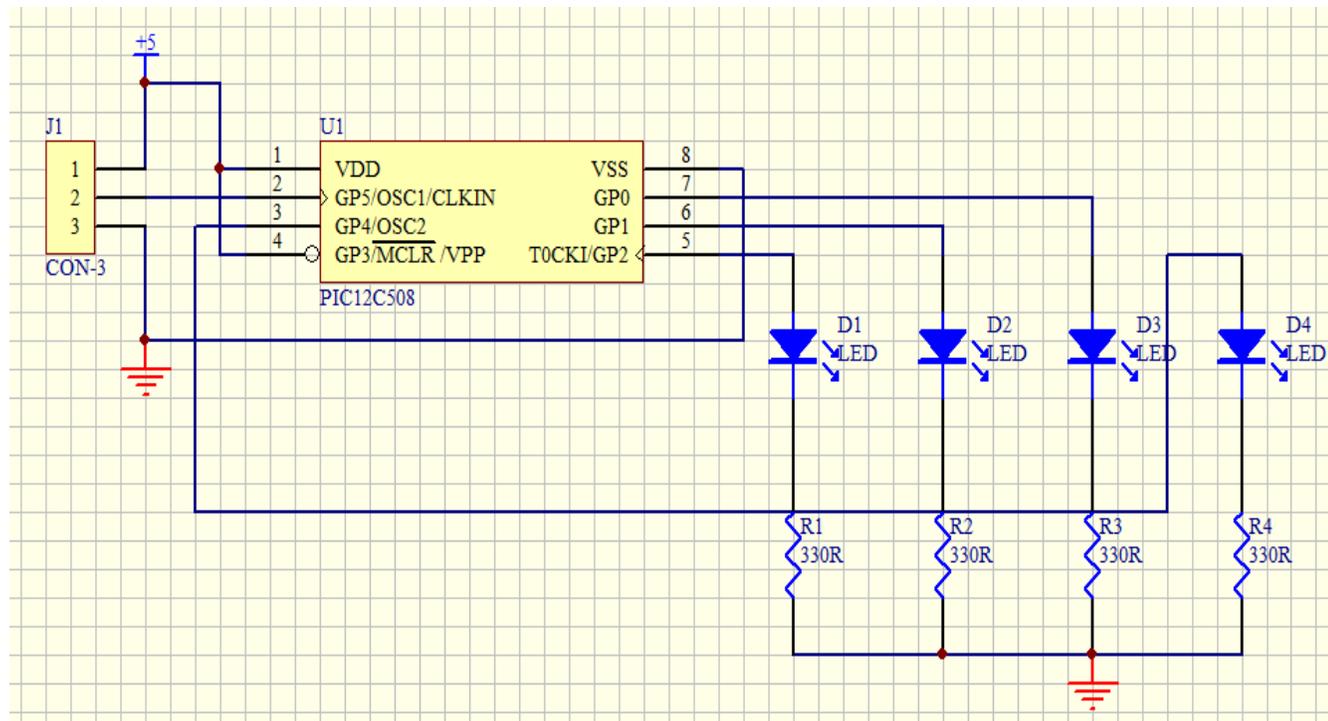
# Diseño de las placas para módulo didáctico

- Inversor (Activación de IGBTs):



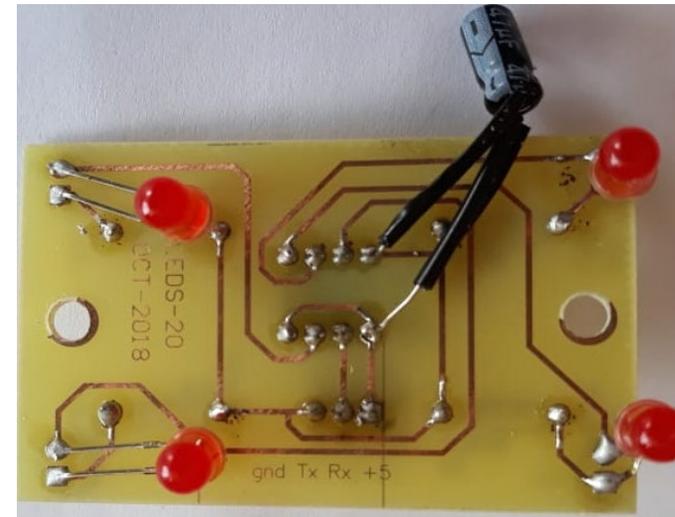
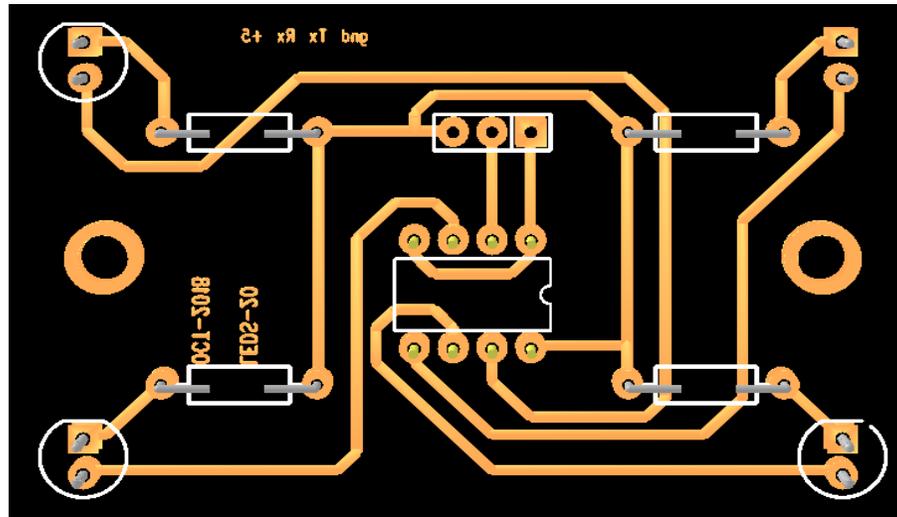
# Diseño de las placas para módulo didáctico

- Conversor dc-dc (Activación MOSFETs)



# Diseño de las placas para módulo didáctico

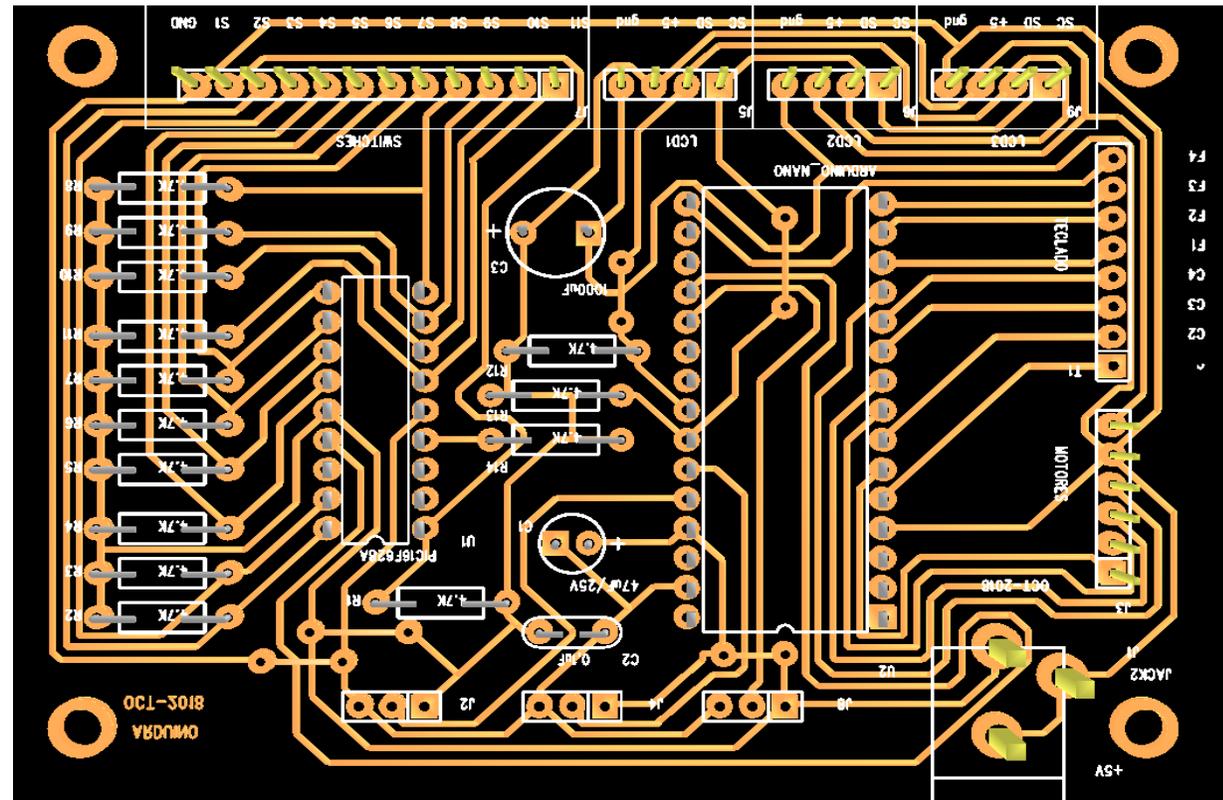
- Conversor dc-dc (Activación MOSFETs)





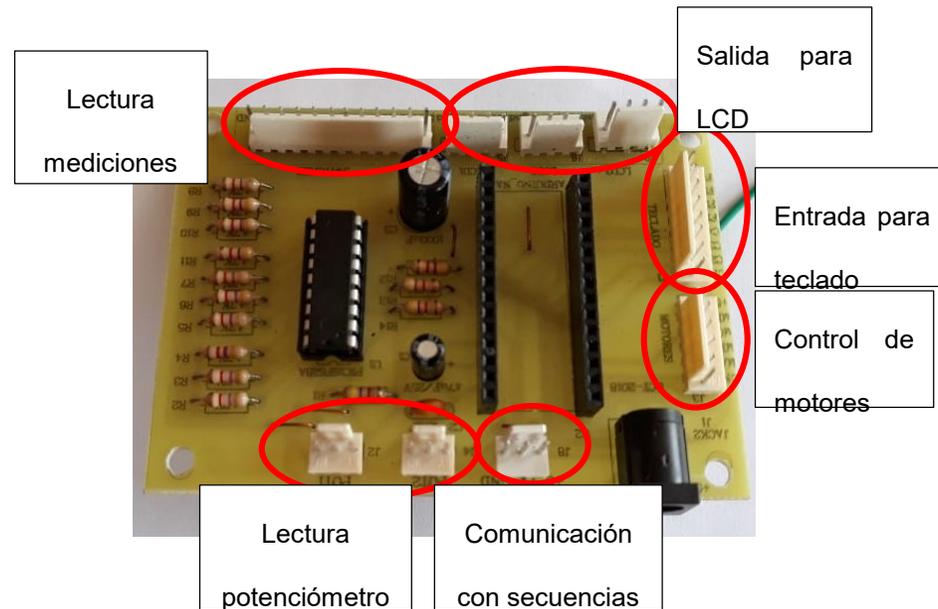
# Diseño de las placas para módulo didáctico

- Placa principal



# Diseño de las placas para módulo didáctico

- Placa principal



# Diseño del tren epicicloidal

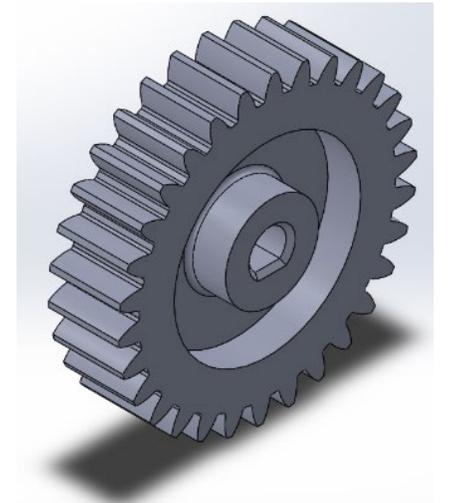
Para el diseño de los engranajes se tomó los siguientes valores:

- Módulo  $m = 2$
- Número de dientes:
- Planetario  $Z_p = 30$
- Satélite  $Z_s = 20$
- Corona  $Z_c = 70$

# Diseño del tren epicicloidal

## Cálculo para el engranaje planetario:

- Diámetro primitivo
- $D_p = m * Z_p = 2 * 30 = 60mm$
- Paso circular
- $P_c = \frac{\pi * D_p}{Z_p} = \frac{\pi * 60}{30} = 6.28 mm$
- Addendum
- $a = m = 2 mm$



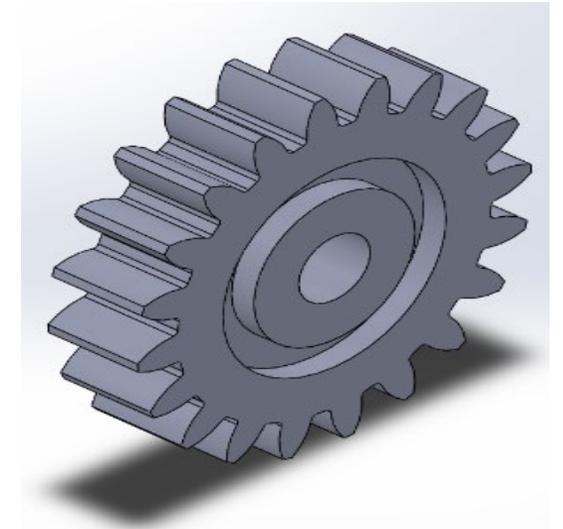
# Diseño del tren epicicloidal

- Dedendum
  - $b = 1.25 * m = 1.25 * 2 = 2.5 \text{ mm}$
  - Diámetro exterior
    - $De = Dp + 2a = 60 + 2 * 2 = 64 \text{ mm}$
    - Diámetro interior
      - $Di = Dp - 2b = 60 - 2 * 2.5 = 55 \text{ mm}$
      - Altura del diente
        - $h = 2.25 * m = 2.25 * 2 = 4.5 \text{ mm}$
        - Espesor del diente
          - $e = \frac{Pc}{2} = \frac{6.28}{2} = 3.14 \text{ mm}$

# Diseño del tren epicicloidal

## Cálculo para el engranaje satélite:

- Diámetro primitivo
- $D_p = m * Z_s = 2 * 20 = 40mm$ 
  - Paso circular
- $P_c = \frac{\pi * D_p}{Z_s} = \frac{\pi * 40}{20} = 6.28 mm$ 
  - Addendum
  - $a = m = 2 mm$
  - Dedendum
- $b = 1.25 * m = 1.25 * 2 = 2.5 mm$



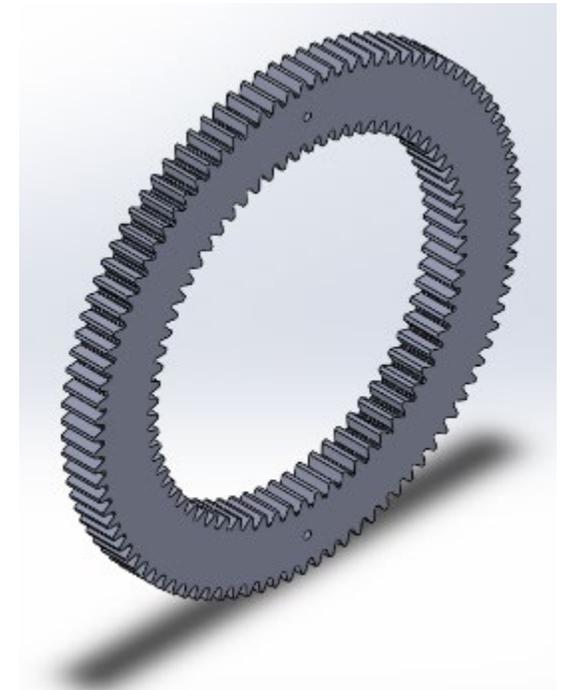
# Diseño del tren epicicloidal

- Diámetro exterior
  - $De = Dp + 2a = 40 + 2 * 2 = 44 \text{ mm}$
- Diámetro interior
  - $Di = Dp - 2b = 40 - 2 * 2.5 = 35 \text{ mm}$
- Altura del diente
  - $h = 2.25 * m = 2.25 * 2 = 4.5 \text{ mm}$
- Espesor del diente
  - $e = \frac{Pc}{2} = \frac{6.28}{2} = 3.14 \text{ mm}$

# Diseño del tren epicicloidal

Cálculo para el engranaje interior de la corona:

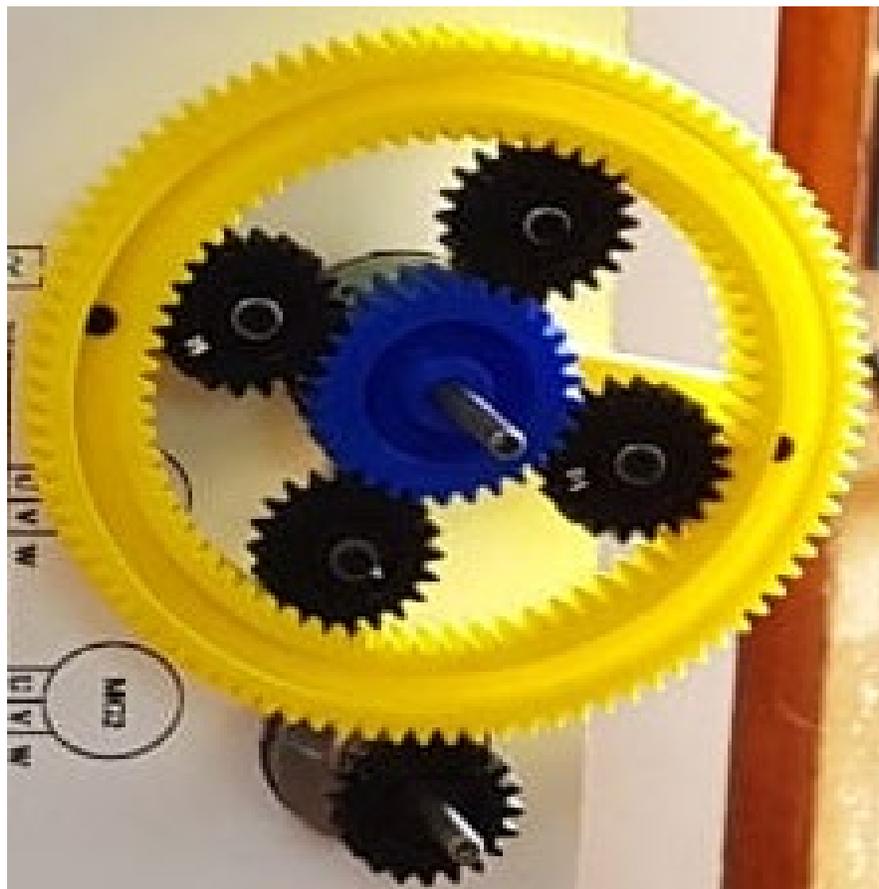
- Diámetro primitivo
- $D_p = m * Z_c = 2 * 70 = 140mm$
- Paso circular
- $P_c = \frac{\pi * D_p}{Z_c} = \frac{\pi * 60}{30} = 6.28 mm$
- Addendum
- $a = m = 2 mm$
- Dedendum
- $b = 1.25 * m = 1.25 * 2 = 2.5 mm$



# Diseño del tren epicicloidal

- Diámetro exterior
  - $D_e = D_p - 2a = 140 - 2 * 2 = 136 \text{ mm}$
- Diámetro interior
  - $D_i = D_p + 2b = 140 + 2 * 2.5 = 145 \text{ mm}$
- Altura del diente
  - $h = 2.25 * m = 2.25 * 2 = 4.5 \text{ mm}$
- Espesor del diente
  - $e = \frac{Pc}{2} = \frac{6.28}{2} = 3.14 \text{ mm}$

# Diseño del tren epicycloidal

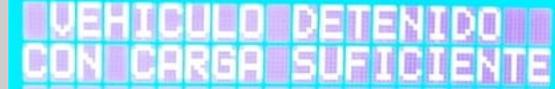


# OPERACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Modo de operación 1

Ilustración

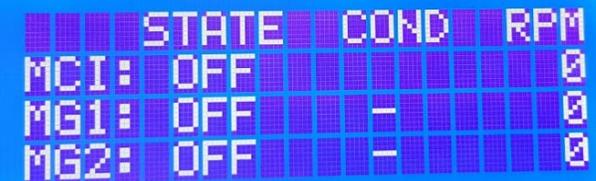
Nombre



```

VEHICULO DETENIDO
CON CARGA SUFICIENTE
    
```

Parámetros LCD 1



```

STATE COND RPM
MCI: OFF - 0
MG1: OFF - 0
MG2: OFF - 0
    
```

Parámetros de funcionamiento LCD 2



```

BATERIA HV... Descar.
BOOSTER... OFF
SAL. INVERSOR... 0V
CONV. DC-DC... ON
    
```

# OPERACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Modo de operación 2

Ilustración

Nombre



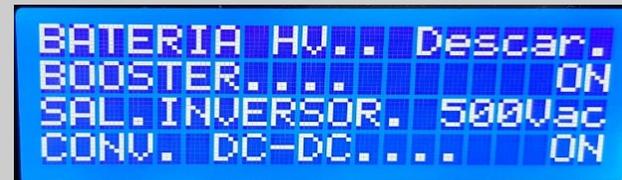
```
VEHICULO DETENIDO
MCI ARRANCA
```

Parámetros LCD 1



```
STATE COND RPM
MCI: ON 1200
MG1: ON MOT 3500
MG2: OFF - 0
```

Parámetros de funcionamiento LCD 2



```
BATERIA HV... Descar.
BOOSTER... ON
SAL. INVERSOR. 500Vac
CONV. DC-DC... ON
```

# OPERACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Modo de operación 3

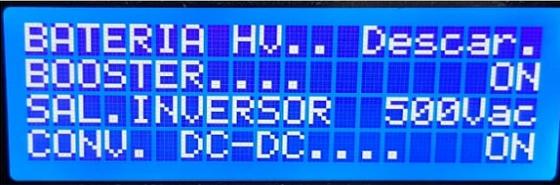
Ilustración

Nombre	
Parámetros LCD 1	
Parámetros de funcionamiento LCD 2	

# OPERACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Modo de operación 4

Ilustración

Nombre	
Parámetros LCD 1	
Parámetros de funcionamiento LCD 2	

# OPERACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Modo de operación 5

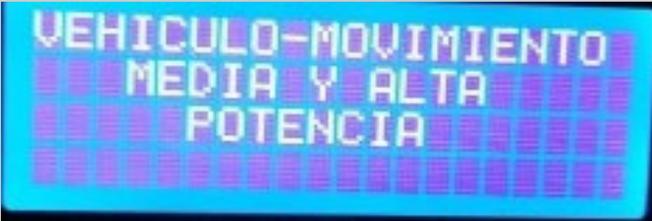
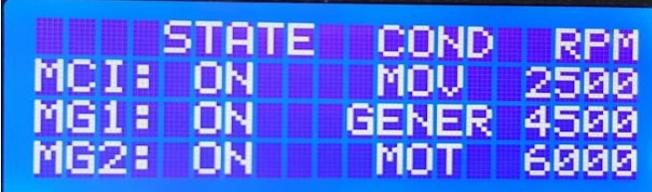
Ilustración

Nombre	
Parámetros LCD 1	
Parámetros de funcionamiento LCD 2	

# OPERACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Modo de operación 6

Ilustración

Nombre	
Parámetros LCD 1	
Parámetros de funcionamiento LCD 2	

# OPERACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Modo de operación 7

Ilustración

Nombre	
Parámetros LCD 1	
Parámetros de funcionamiento LCD 2	

# OPERACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Modo de operación 8

Ilustración

Nombre



```

FRENO
REGENERATIVO

```

Parámetros LCD 1



```

STATE COND RPM
MCI: OFF 0000
MG1: OFF - 0000
MG2: ON GENE-1500

```

Parámetros de funcionamiento LCD 2



```

BATERIA HV Cargando
BOOSTER... OFF
ENTR. INVERSOR 220Vac
CONV. DC-DC... ON

```

# OPERACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Modo de operación 9

Ilustración

Nombre



Parámetros LCD 1



Parámetros de funcionamiento LCD 2



# Conclusiones

- El sistema inversor posee varias etapas de conversión de corriente las cuales son direccionadas a los distintos elementos que tiene el automóvil, su funcionamiento y cómo se comporta en cada modo de operación se recopiló de bases digitales confiables y se consiguió simular su funcionamiento en un 70% en el módulo didáctico.
- Se analizó los procesos de conversión de corriente que se realizan dentro del inversor, y se verificó que en la etapa de elevación de tensión el conversor DC-DC recepta una tensión de 200Vcc y mediante la activación programada de 2 pares de transistores de alta potencia eleva ésta tensión a 500Vcc y posteriormente ingresarla en el inversor, el cual posee 3 pares de transistores IGBT que conmutan a una frecuencia establecida para transformar la tensión elevada del conversor a 500Vac.
- Se simuló la conversión de corriente con la activación secuencial de los transistores IGBT, en el módulo se observa la secuencia con la que se activa cada uno de los 6 transistores para lograr la conversión de corriente, y encender los motogeneradores.

# Conclusiones

- Mediante el desarrollo del módulo didáctico se pudo determinar los nueve modos operación en los que actúa el sistema inversor, así como los parámetros de funcionamiento en cada uno de ellos.
- Con el diseño del módulo didáctico se seleccionó componentes electrónicos los cuales se conforman de varios elementos como las placas de secuencia de la batería hacia el inversor y hacia los motogeneradores, así como la secuencia de la conversión de corriente, todas las placas son activadas por una tarjeta madre que posee un Arduino que controla todo el sistema.
- Se implementó un módulo de control mediante un microcontrolador el cual simula en un 70% el funcionamiento del vehículo híbrido enviando señales a cada uno de los sistemas para que se pueda visualizar las etapas de conversión de corriente simuladas.
- Al realizar las pruebas de funcionamiento se constató los parámetros obtenidos anteriormente, para poder realizar un análisis de funcionamiento de las etapas de operación.

# Recomendaciones

- Leer el manual de uso del módulo, para evitar daños en el mismo.
- Cada uno de los interruptores del módulo tienen una función diferente, verificar que todos estén apagados antes de encender el módulo.
- Al realizar las mediciones en cada modo de operación se debe realizar una por una.
- Al entrar a cualquier modo de operación dejar que termine de cargarse los datos antes de regresar.
- En conducción simulada no presionar bruscamente el pedal del acelerador para que se pueda observar bien como va cambiando a los diferentes modos de operación.
- El módulo didáctico se puede utilizar para la enseñanza de funcionamiento de vehículos híbridos, donde se puede estudiar el funcionamiento y las etapas de conversión de corriente del inversor en los vehículos.