



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Diseño de un convertidor de potencia eléctrico para obtener menos pérdidas de energía

Author: Raymundo Sergio Noriega-Loredo

Editorial label ECORFAN: 607-8324
BCIERMIMI Control Number: 2016-01
BCIERMIMI Classification(2016): 191016-0101

Pages: 39

Mail: sergio.noriega@utsh.edu.mx

RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
Peru	Spain	Cuba	Haití
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			



Contenido



- 1.- Objetivo y alcances
- 2.- Motivación e introducción
- 3.- Diseño del convertidor
- 4.- Resultados de simulación y experimentales
- 5.- Conclusión



Objetivo y alcance



Se propone y se hace conciencia sobre la importancia en el diseño eficaz de la topología del convertidor como la selección de la mejor frecuencia de conmutación y el cálculo de pérdidas de potencia de los componentes electrónicos que se propongan para elevar la eficiencia del mismo, con lo cual se convertirá en mayor autonomía para el vehículo eléctrico producto de la reducción del peso y el tamaño del modulo de potencia que alimentará a sistema de tracción. En el desarrollo se describen las mejores topologías para convertidores de potencia, aspectos importantes para la selección de la mejor frecuencia de conmutación y por último como calcular las pérdidas de potencia para los componentes electrónicos y proponer los adecuados para un sistema conmutación de potencia en particular.



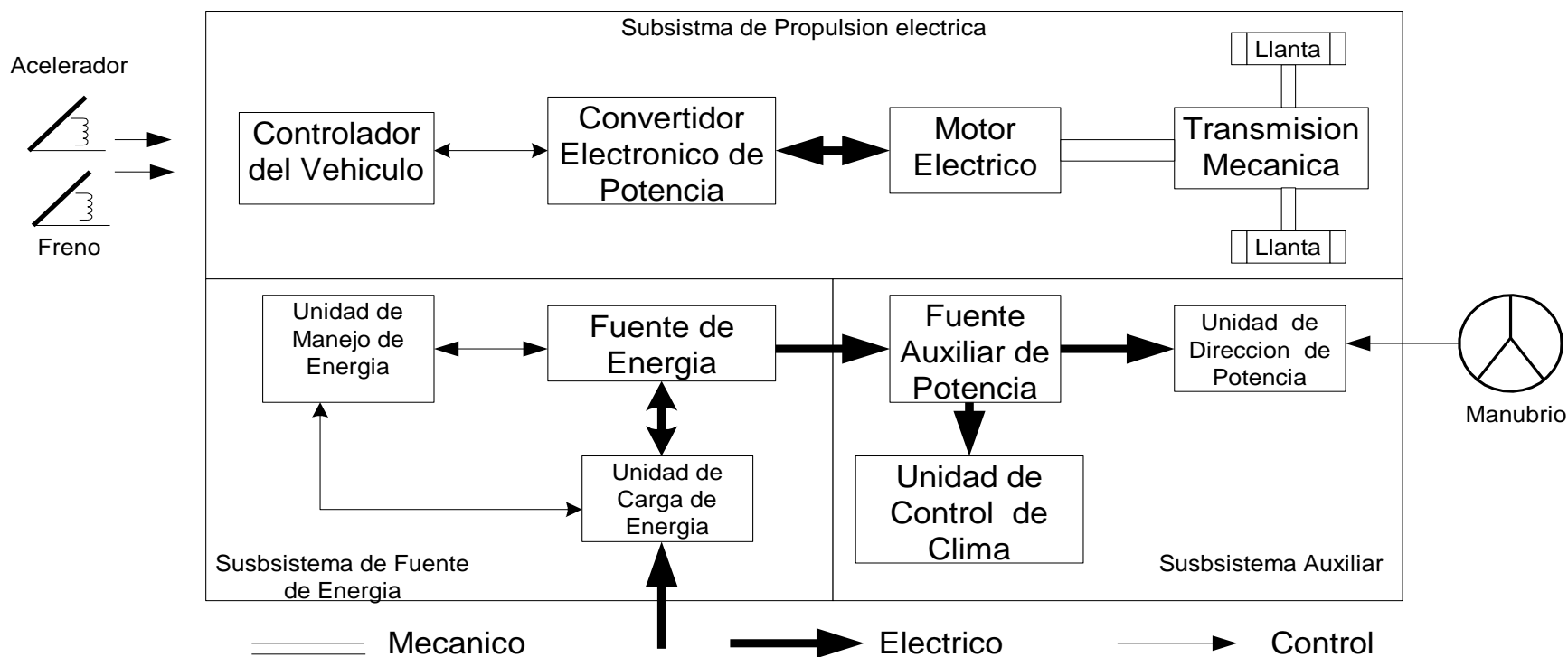
Motivación



- Desarrollar y mejorar tecnología de convertidores para VE.
- Mejorar el aprovechamiento de la energía en un convertidor de potencia.
- Contribuir con tecnología para ayudar al medio ambiente lo que significa menos ozono en la atmósfera.



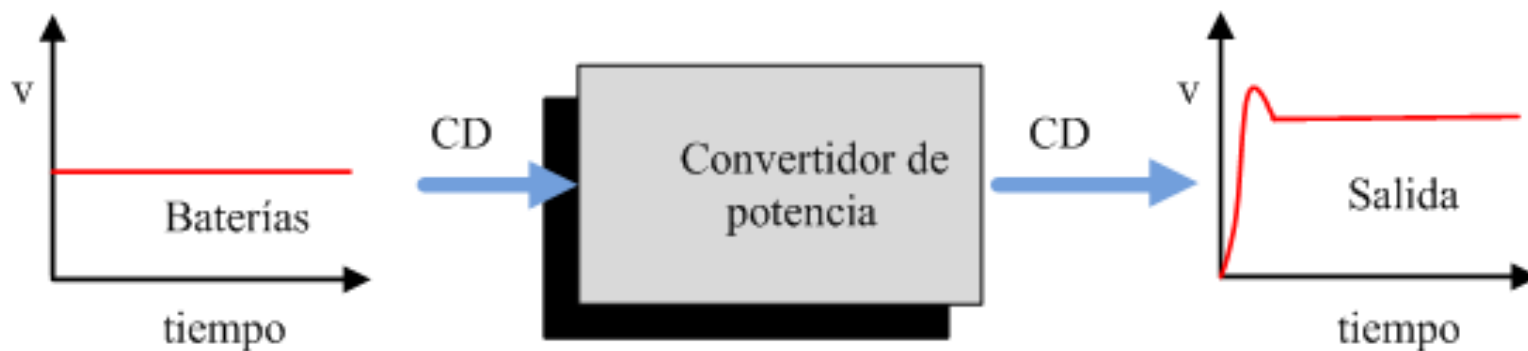
Partes que componen el sistema de tracción de un vehículo eléctrico





Convertidor de potencia CD-CD

Sistema electrónico que convierte un nivel de energía eléctrica en la entrada a otro nivel a la salida por acción de la conmutación de sus elementos electrónicos.





Características del convertidor *boost*

Tabla de valores iniciales de los parámetros y variables propuestos para el convertidor

Parámetro/Variable	Valor
Potencia de la salida	1.1kW
Voltaje de la entrada	50V
Voltaje de la salida	240V
Amplitud máxima del rizo corriente de entrada	20% de la corriente de entrada
Amplitud máxima del rizo voltaje de salida	20% del voltaje de salida



Diseño

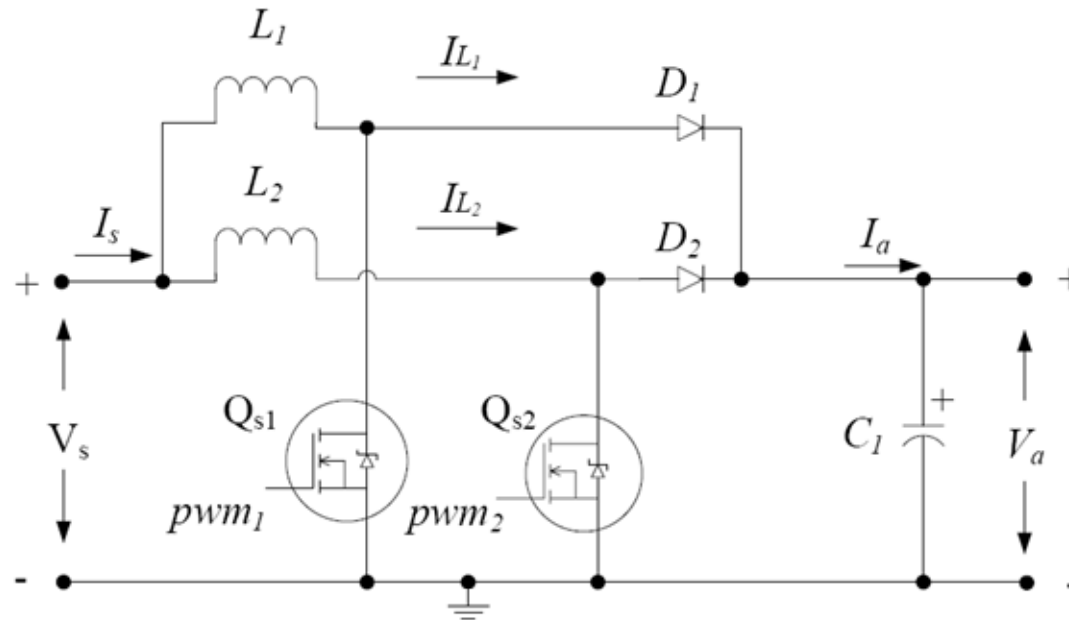


Los convertidores paralelos tienen grandes ventajas sobre los convertidores simples de potencia como lo son:

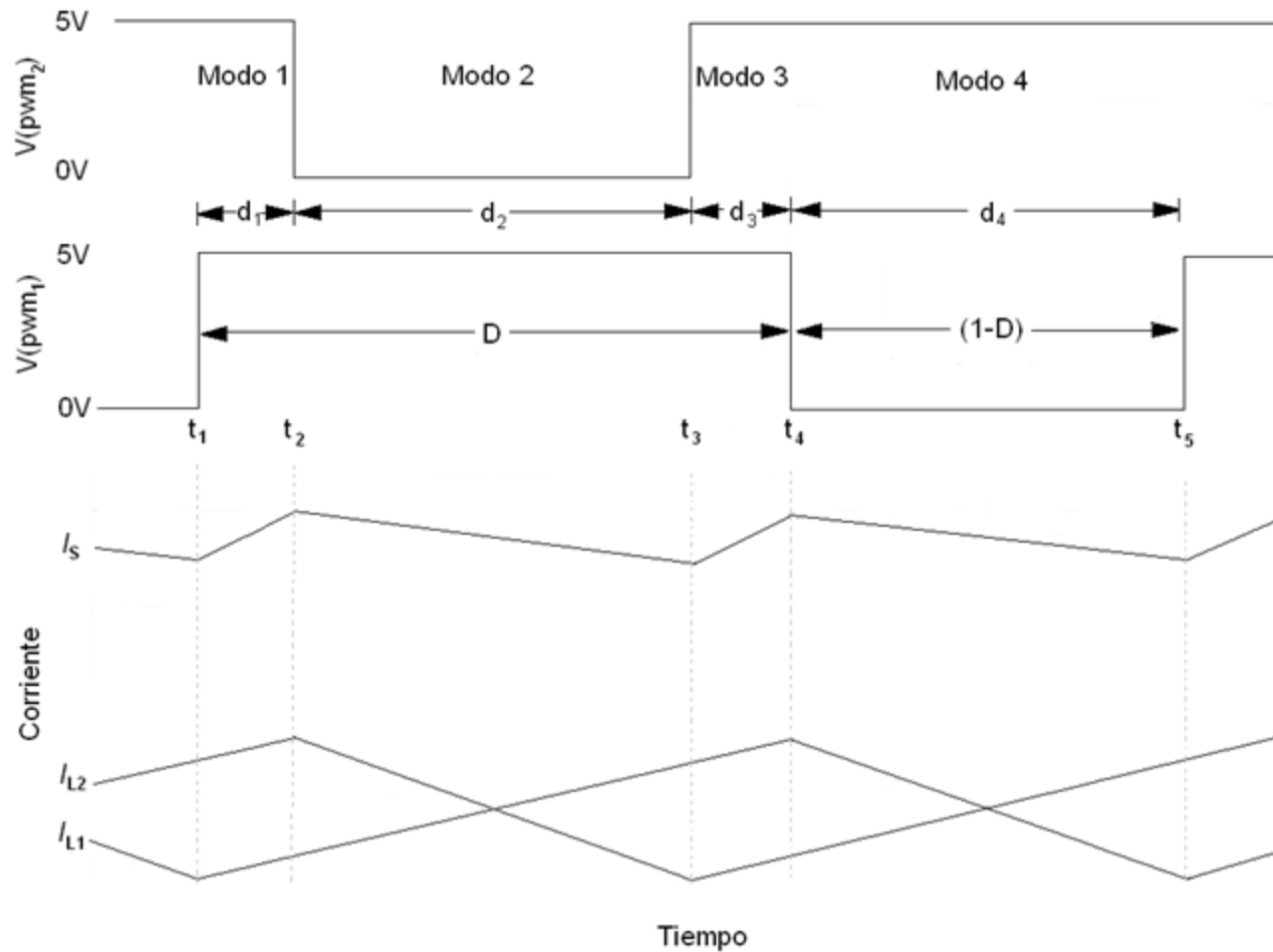
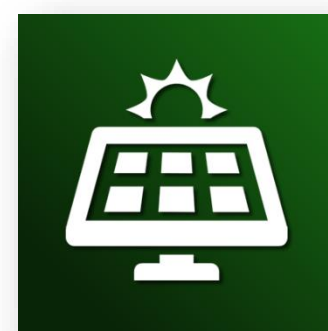
- Una baja corriente de rizo en la entrada.
- Baja capacitancia de salida (capacitor pequeño).
- Rápida respuesta al cambio de carga.
- Proporciona capacidad grande de potencia.
- Eleva a mas de 90% la eficiencia de potencia.
- Incremento efectivo en la frecuencia de conmutación



Se propone el diseño un convertidor *boost interleaved* de 2 celdas.



4 modos de operación





Cálculo del ciclo útil de trabajo (D)

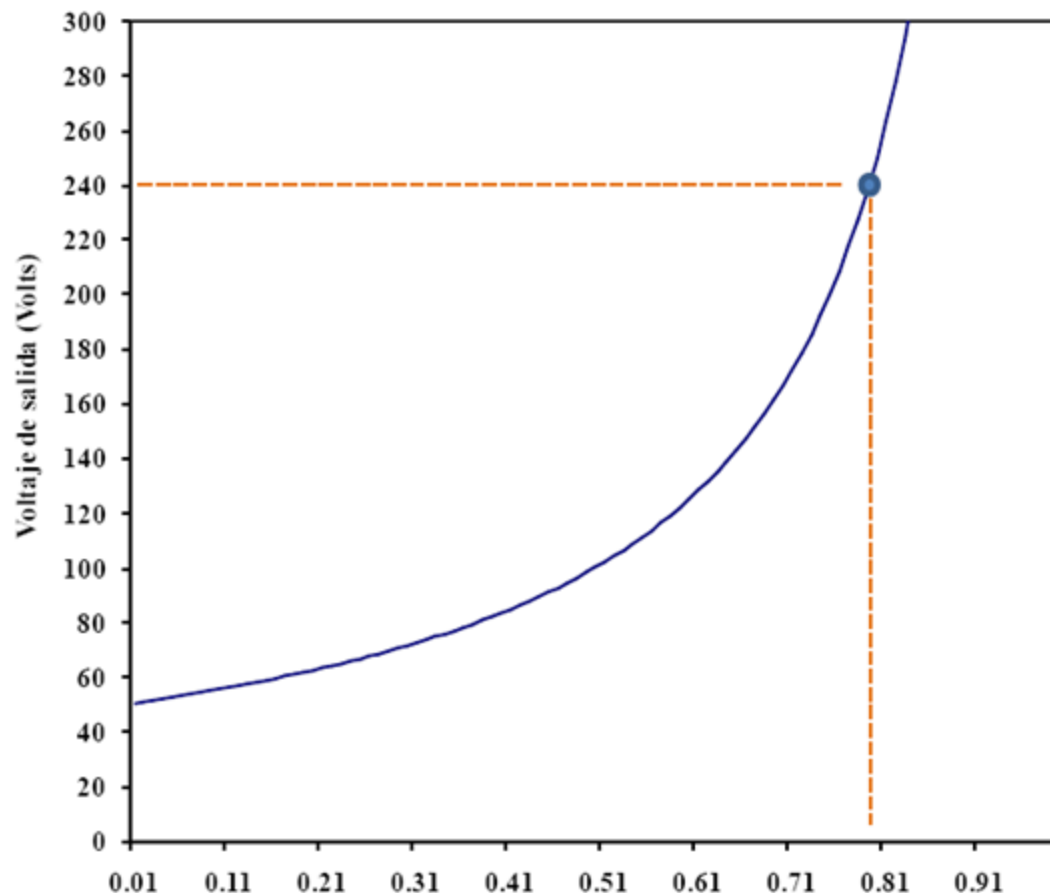
$$D = 1 - \left(\frac{V_s}{V_a} \right) = 0.7916$$

Donde,

D = Ciclo útil

V_s = Voltaje de entrada

V_a = Voltaje de salida



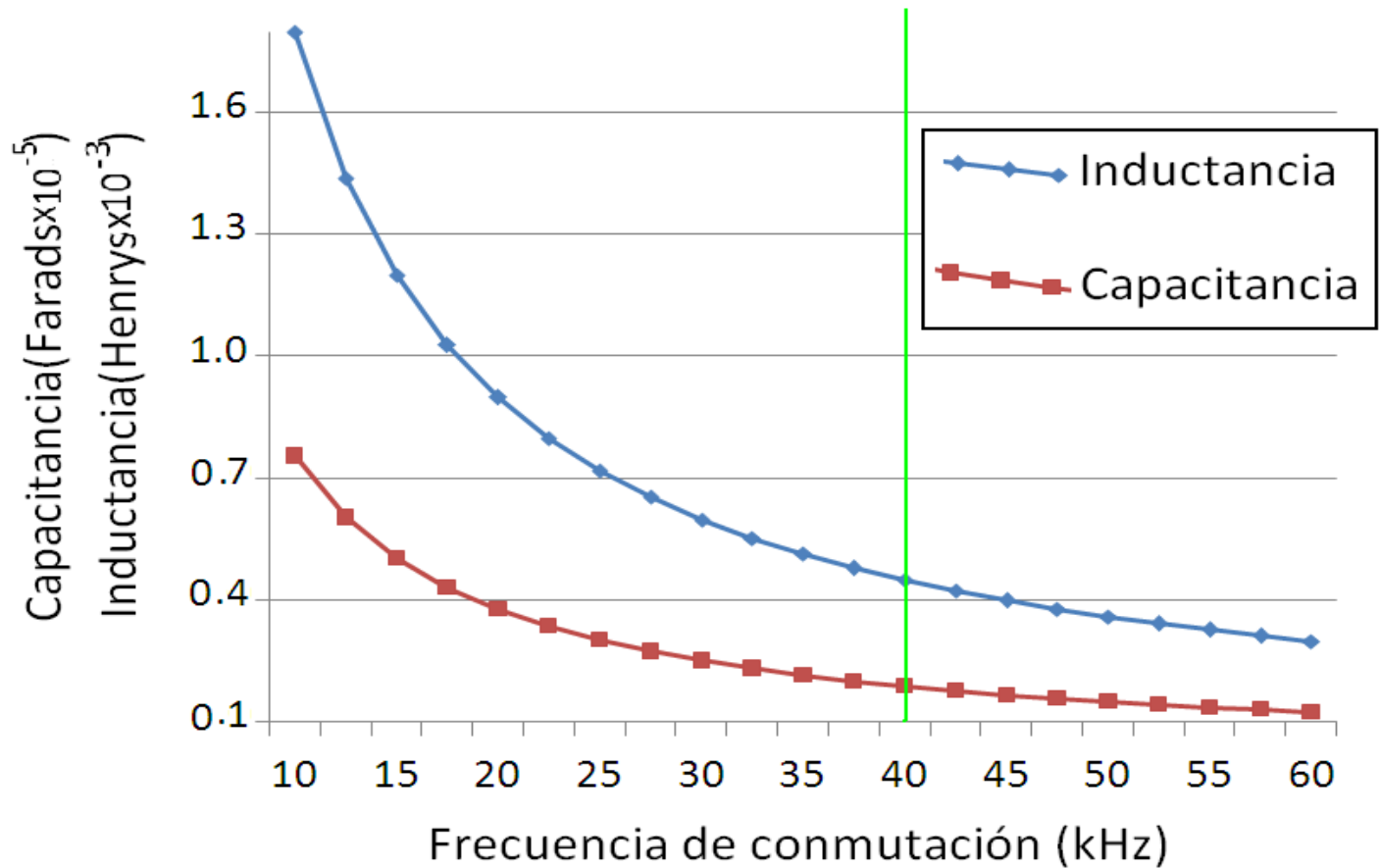
Ciclo de trabajo (D) a una frecuencia de 40kHz de conmutación



Selección de la mejor frecuencia de conmutación

$$C = \frac{I_a D}{2 f_s \Delta V_a}$$

$$L = \frac{V_s}{f_{sw} \Delta I_L} D$$





Selección de la mejor frecuencia de conmutación

Pérdidas de potencia en el transistor

$$P_{sw} = (E_{on} + E_{off}) f_{sw}$$

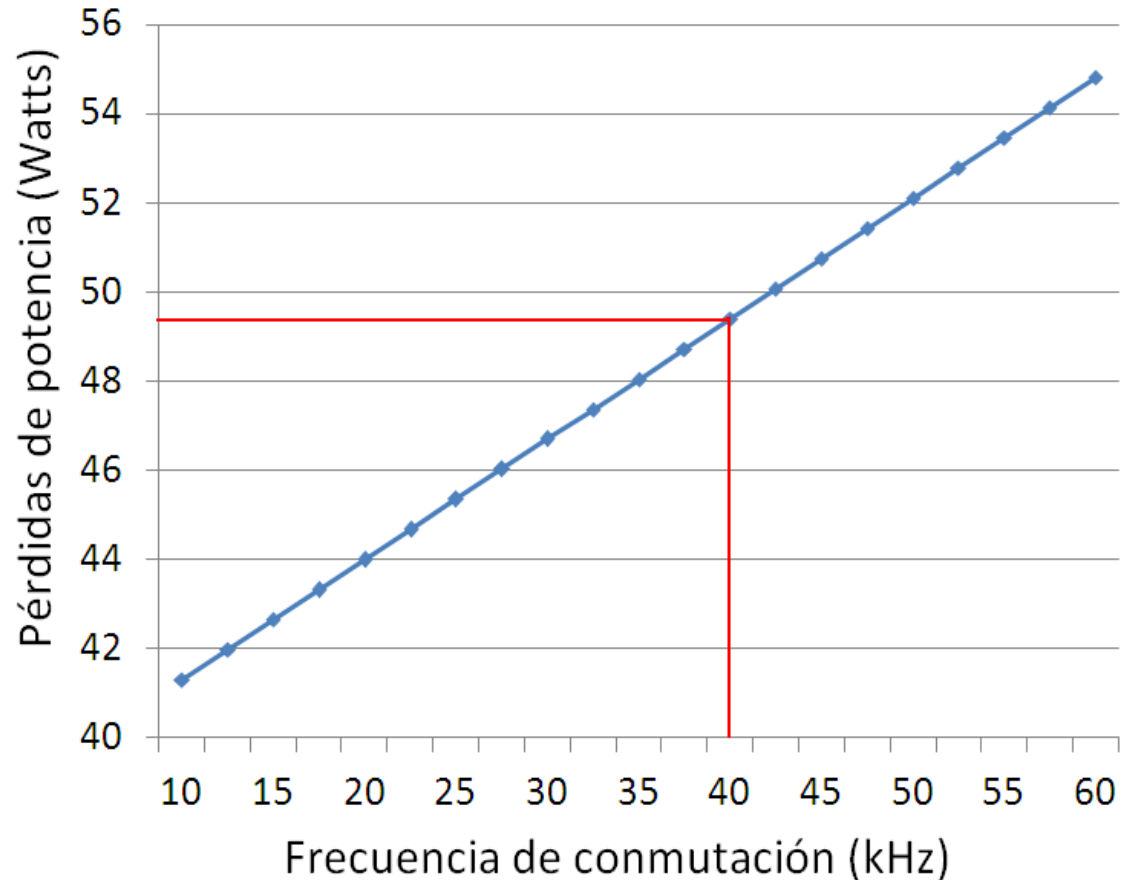
$$P_{transistor} = P_C + P_{sw}$$

Pérdidas de potencia en el diodo

$$P_{diodo} = P_C + P_{rr}$$

Pérdidas totales en los 4 semiconductores

$$P_{total} = 2(P_{trans} + P_{diodo})$$





Cálculo del valor del capacitor de salida (C)

$$C = \frac{I_a D}{2 f_{sw} \Delta V_a} = 1.88 \mu F$$

Donde,

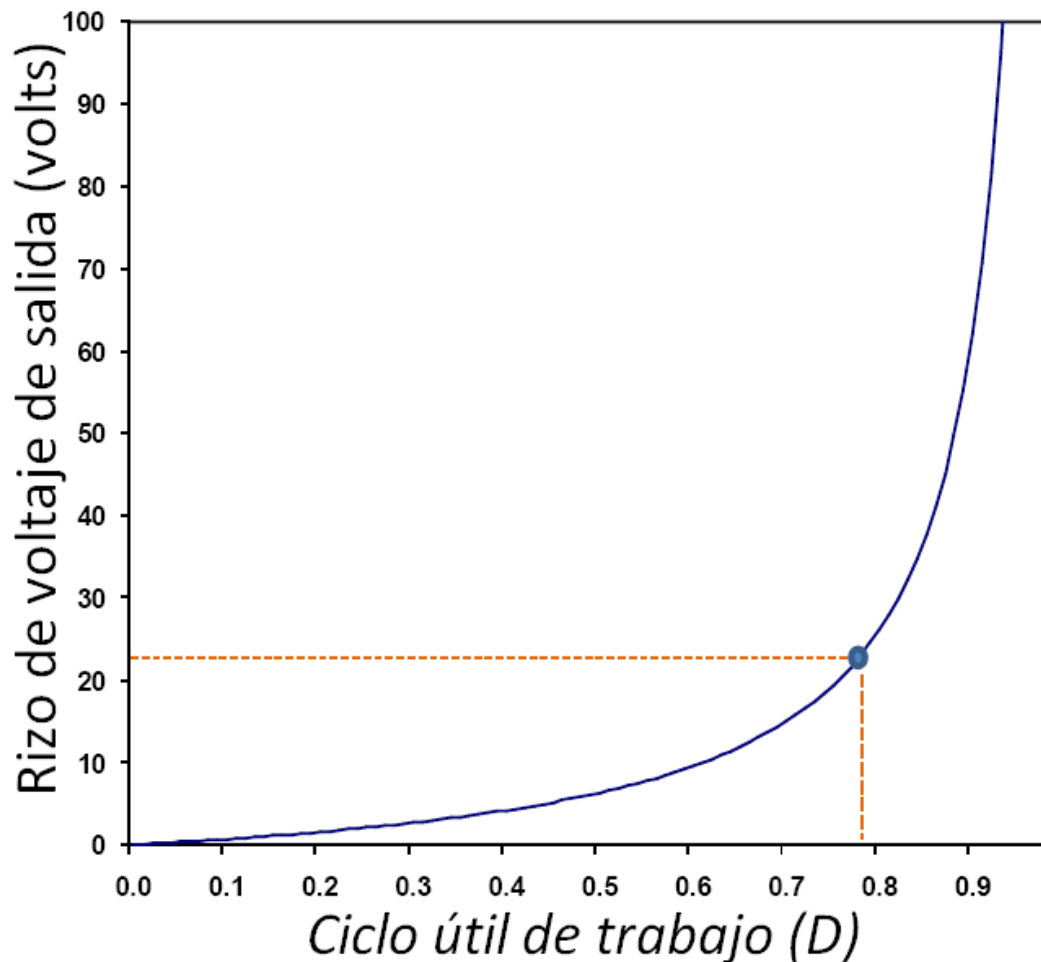
D = Ciclo útil (0.79)

f_{sw} = Frecuencia (40kHz)

I_a = Vol. de salida (240V)

ΔV_a = Rizo de voltaje de salida (24V)

$$\Delta V_a = \frac{\Delta V_L}{n} = \frac{48V}{2} = 24V$$



Selección del capacitor de salida adecuado

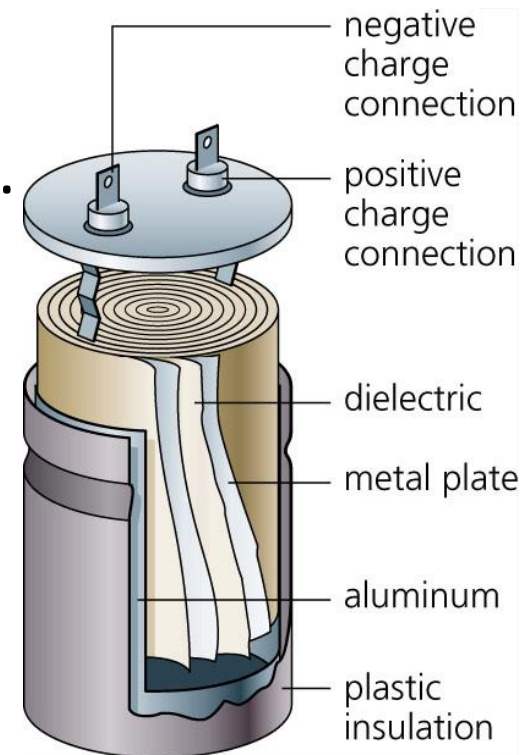
Criterios para la selección

- La capacidad de corriente de salida.
- El valor de la capacitancia.
- El máximo voltaje de operación de CD.
- La resistencia serie equivalente (ESR).

$$I_{Crms} = \sqrt{I_a^2 D + (I_L - I_a)^2 (1 - D)} = \sqrt{25.20} = 5.02 A$$

$$i_{m\acute{a}x} = C \frac{dv}{dt} = (1.88 \times 10^{-6} F) (9.6 \times 10^6) = 18.048 A$$

$$ESR = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{24V}{12} = 2 \Omega$$





Cálculo del valor de cada inductor (L)

$$L = \frac{V_s}{f_{sw} \Delta I_L} D = 452 \mu H$$

Donde,

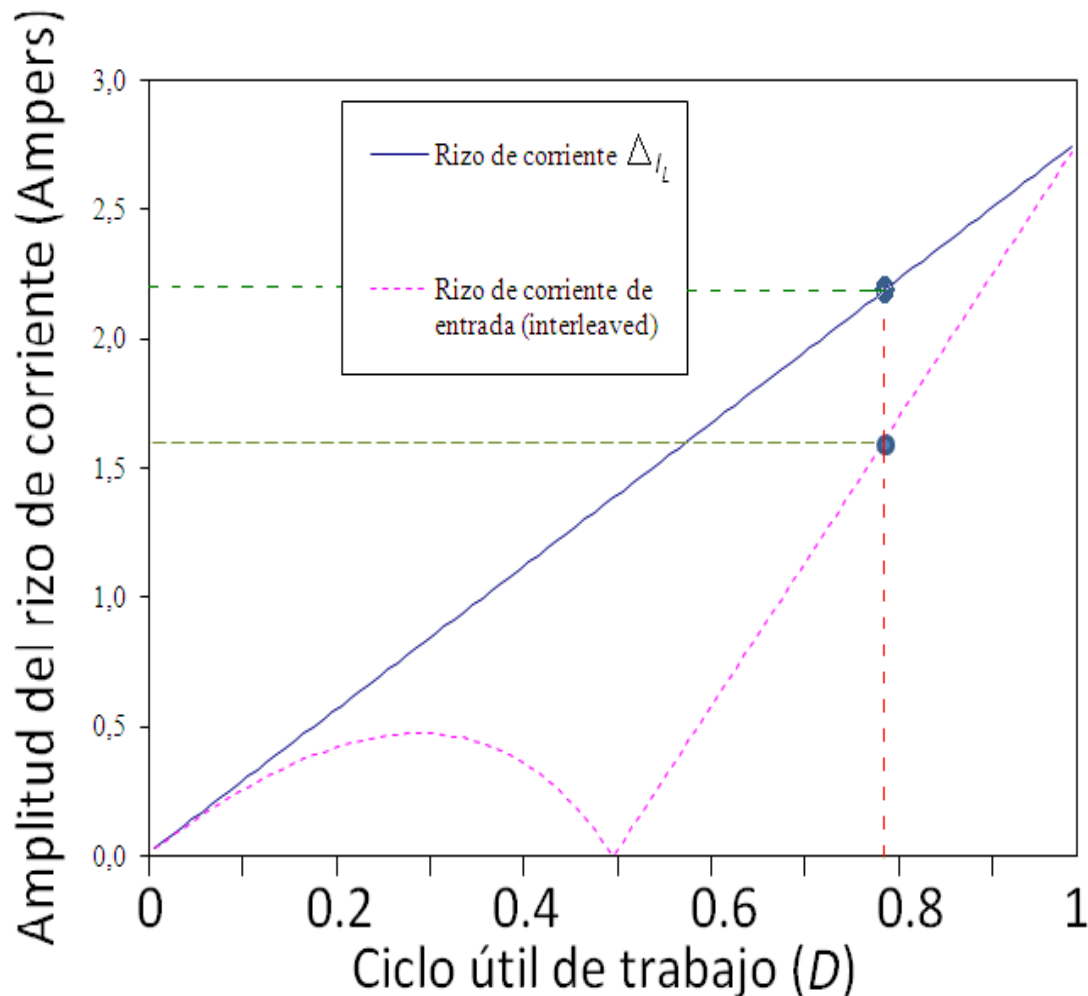
D = Ciclo útil (0.79)

f_{sw} = Frecuencia (40kHz)

V_s = Vol. de entrada (50V)

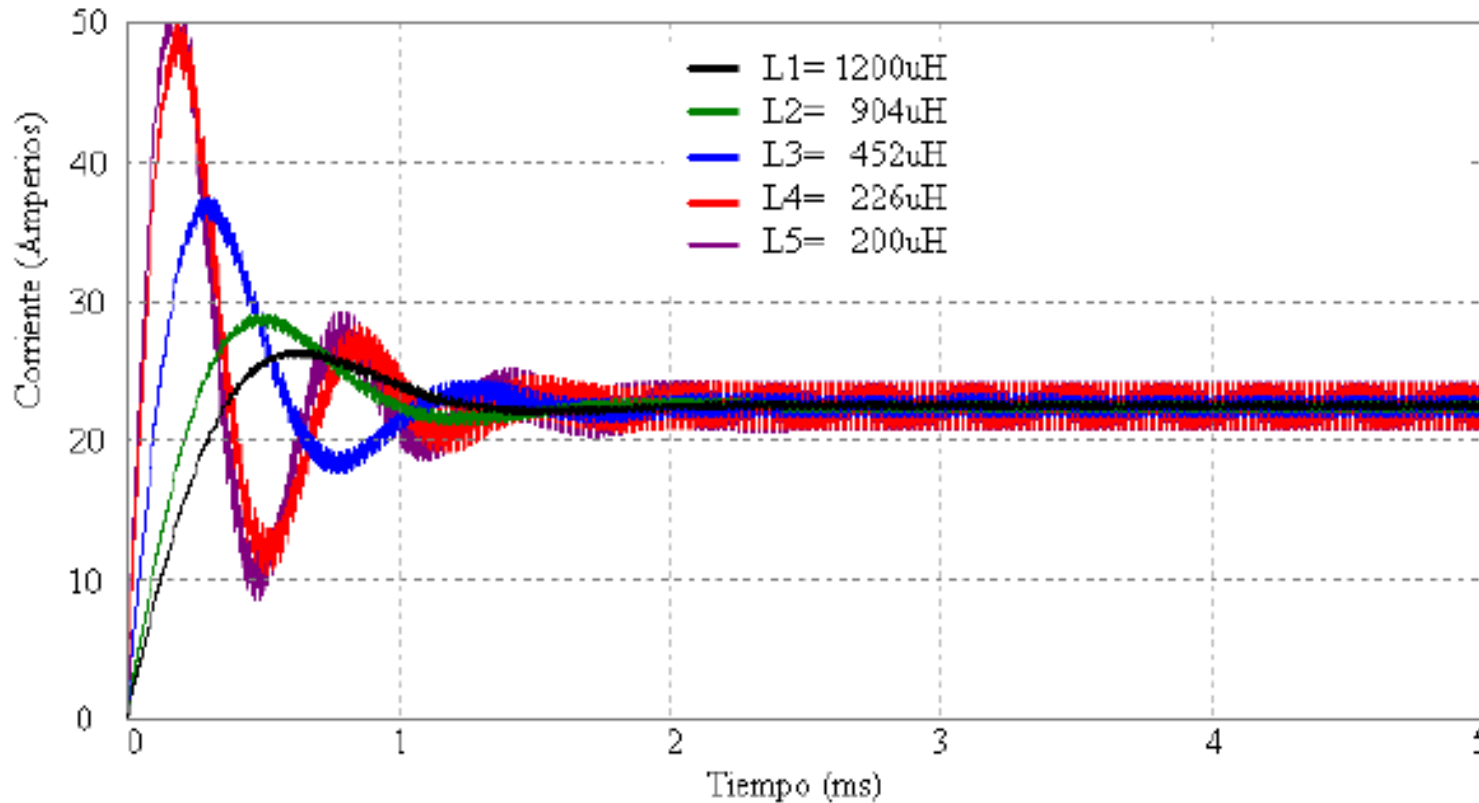
ΔI_L = Rizo de corriente del inductor (2.2A)

$$\Delta I_L = \frac{(I_L)(20\%)}{100\%} = 2.2A$$





Si incrementamos el valor del inductor se va reduciendo el sobre impulso en la corriente de entrada pero va amentando el rizo de entrada como el tamaño físico del componente.





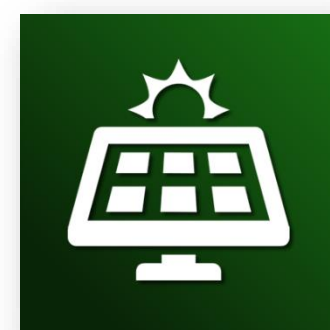
Selección de los inductores (L_1 y L_2)

Características que deben cumplir:

- Un valor de inductancia constante sobre el rango completo de corriente DC.
- Una menor resistencia DC con la finalidad de minimizar las perdidas del tipo copper.
- Una baja densidad de flujo con la finalidad de minimizar las perdidas del tipo core.
- Perdidas de potencia pequeñas a una máxima temperatura de operación.

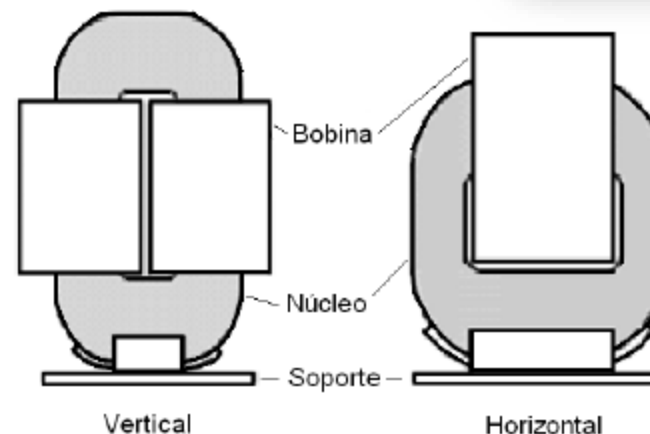
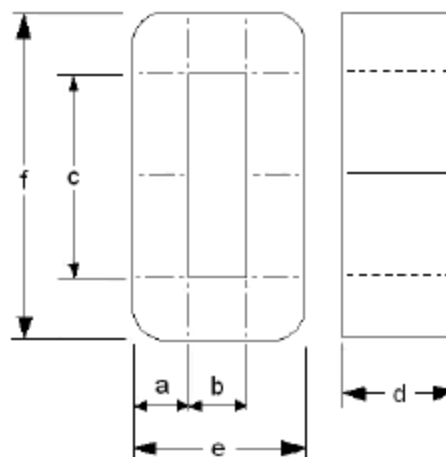
Se seleccionó el inductor AMCC10 de Metglas

Diseño del inductor (L)



$$N = \frac{LI_{m\acute{a}x}}{A_c B_{m\acute{a}x}} = 26 \text{ vueltas}$$

$$I_g = \frac{LI_{m\acute{a}x}^2 \mu_0}{A_c B_{m\acute{a}x}^2} = 32 \text{ mm}$$



A	B	C	D	E	F	Lm	Ac	Mass	Wa	WaAc
mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm	sq.cm	kg	sq.cm	cm4
11	13	40	20	35	62	15.4	1.8	0.2	5.2	9.4



Selección de los transistores (Q_{s1} y Q_{s2})

Características que deben cumplir:

- Respuesta a una frecuencia mayor a 40Khz.
- Corriente continua de Drain superior a 22A.
- Baja resistencia (Drain a Source).
- VCD entre Drain a Source mayor a 300V.
- Baja inductancia y capacitancia interna.

Se evaluaron 3 transistores:

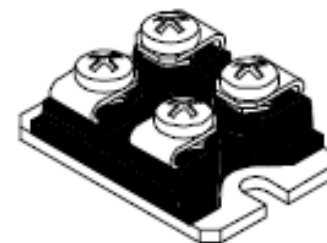
IRFP460, 2SK1544 y IRFPS40N50L.



Cálculo de pérdidas de los transistores

Los resultados de los cálculos se muestran en la tabla

MOSFET	IRFP460	2SK1544	IRFPS40N50L
Perdidas totales por conducción	153	17	17
Perdidas totales por conmutación	246	247	4
Perdidas Totales	399	264	21
Eficiencia	83	88	94



SOT-227

Se selecciono al transistor HEXFET FA57SA50LC por tener la mayor eficiencia.



Selección de los diodos (D_1 y D_2)

Características que deben cumplir:

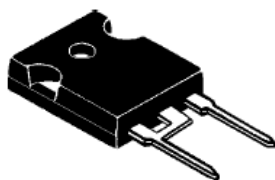
- Rectificación a una frecuencia mayor a 40Khz.
- Recuperación rápida y suave.
- Tiempo de recuperación inversa pequeño.
- Corriente de conducción superior a 22A.
- Voltaje pico inverso repetitivo mayor a 300V

Se seleccionó el diodo 40EPF06
por cumplir con los requerimientos

Cálculo de pérdidas de los diodos

Los resultados de los cálculos se muestran en la tabla

DIODO	40EPF06
Pérdidas totales por conducción	2.86
Pérdidas de recuperación inversa	0.51
Pérdidas Totales	3.37

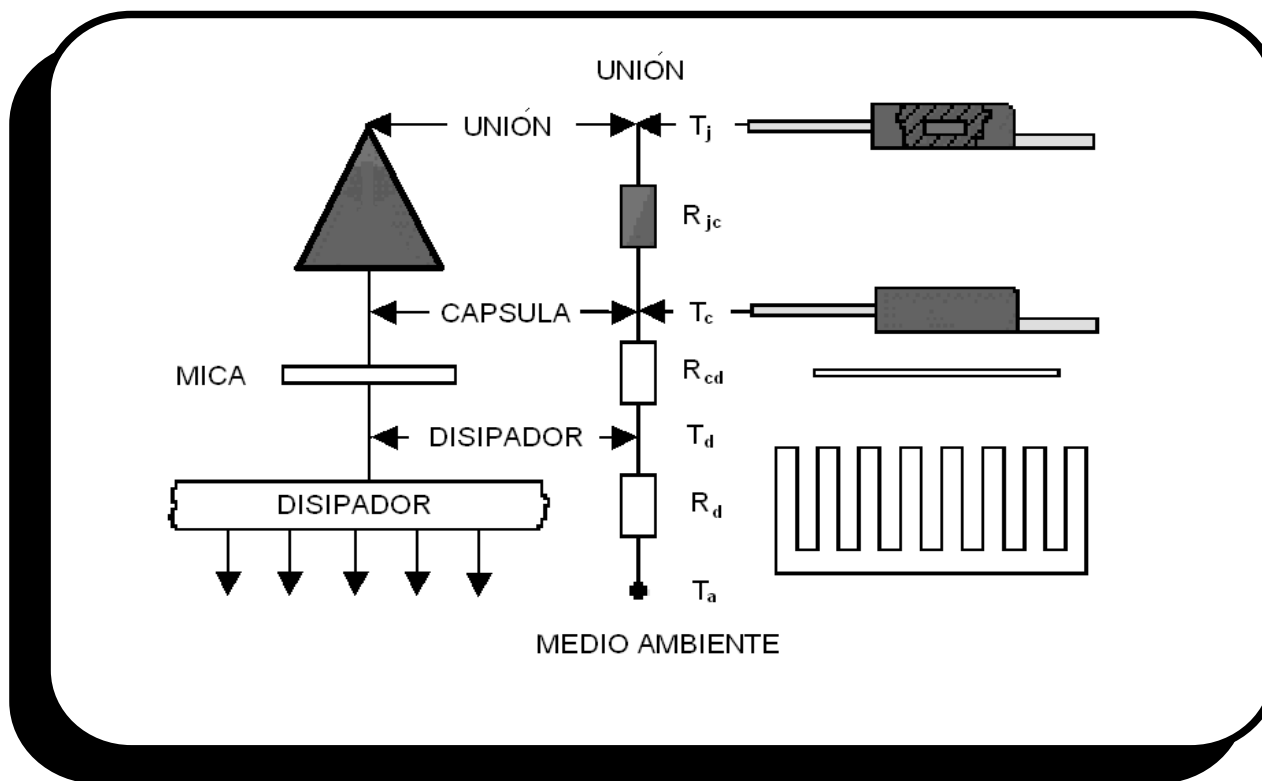


TO-247AC (Modified)

Characteristics	40EPF..	Units
$I_{F(AV)}$ Sinusoidal waveform	40	A
V_{RRM}	200 to 600	V
I_{FSM}	475	A
V_F @10 A, $T_J = 25^\circ\text{C}$	1	V
t_{rr} @1 A, -100 A/ μs	60	ns
T_J	-40 to 150	$^\circ\text{C}$

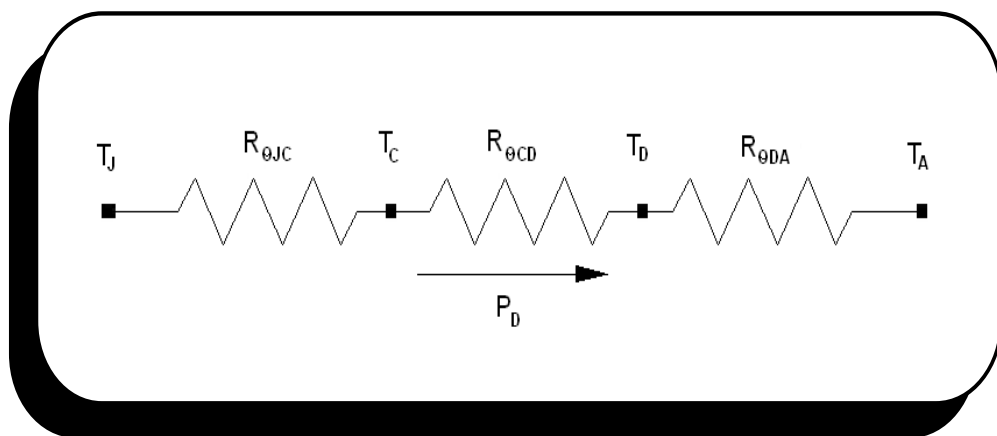
Selección del disipador de calor

El objetivo del diseño térmico es controlar la resistencia térmica disipador-ambiente necesaria para la disipación



Cálculo de resistencia térmica disipador-ambiente

Diagrama eléctrico de la malla entre la temperatura de la unión y la temperatura del medio ambiente.



$$R_{\theta DA} = \frac{T_j - T_A}{P_{encapsulado}} - R_{\theta JC} - R_{\theta CD}$$

$R_{\theta JC}$ = Resistencia unión – contenedor

$R_{\theta CD}$ = Resistencia contenedor - disipador

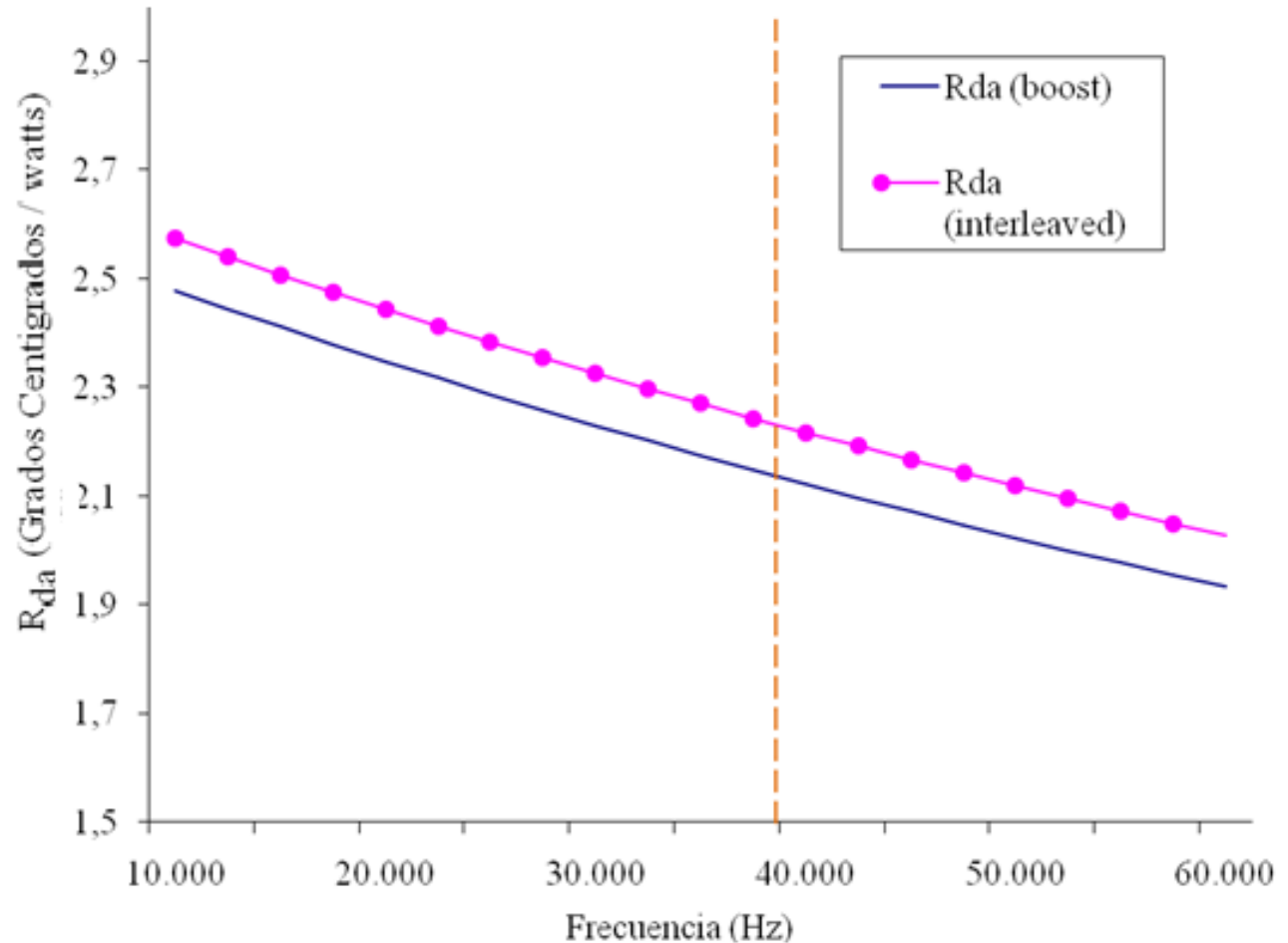
T_j = Temperatura de la unión

T_A = Temperatura ambiente

P_D = Perdidas totales del encapsulado



Gráfica comparativa entre R_{da} y la frecuencia



Resultados de simulación

La simulación del circuito electrónico del convertidor paralelo de potencia se realizó con el programa PSIM que simula circuitos electrónicos de potencia.

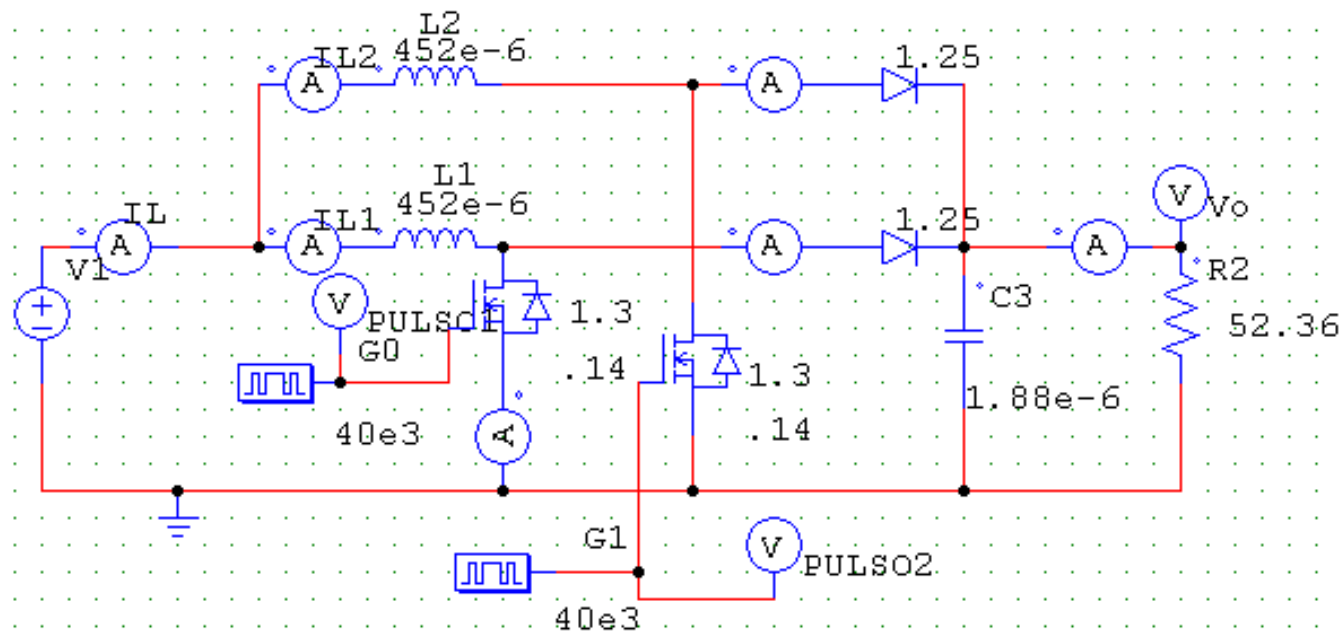
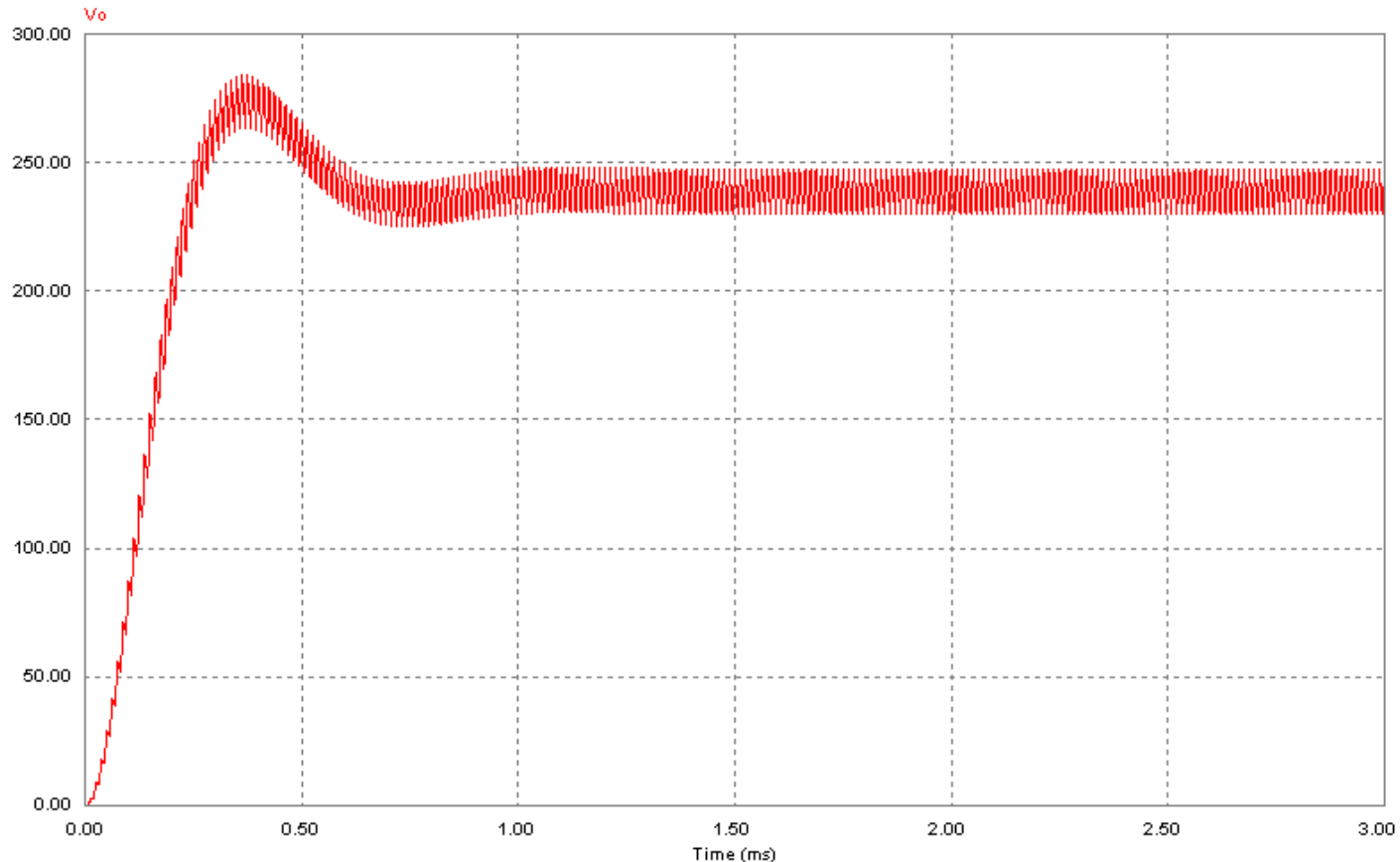


Diagrama eléctrico de circuito boost interleaved realizado en PSIM



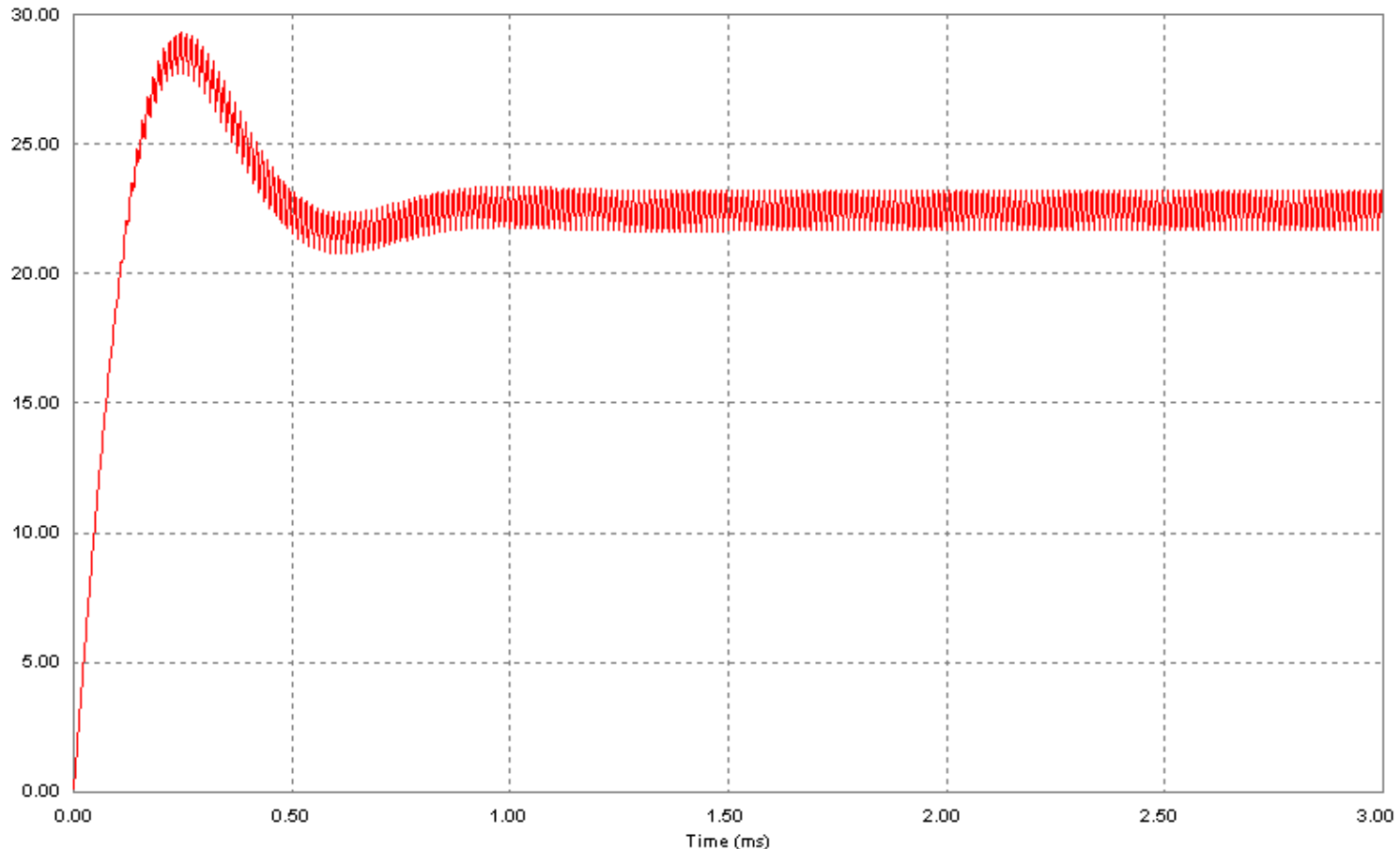
Gráfica de voltaje de salida contra tiempo



Frecuencia de conmutación= 40kHz y ciclo útil de trabajo=0.79



Gráfica de corriente de entrada vs. tiempo



Frecuencia de conmutación= 40kHz y ciclo útil de trabajo=0.79

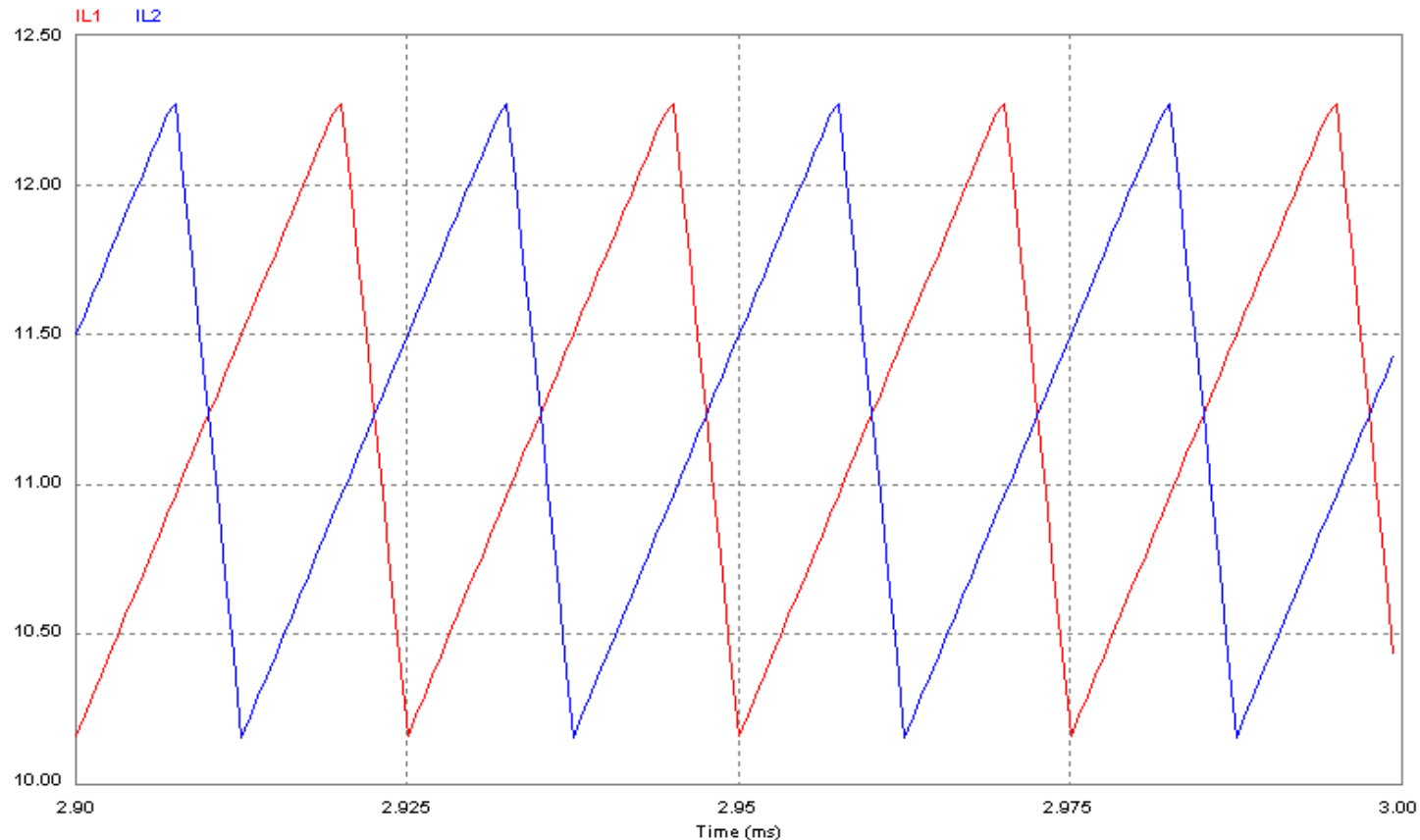
**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**

2016





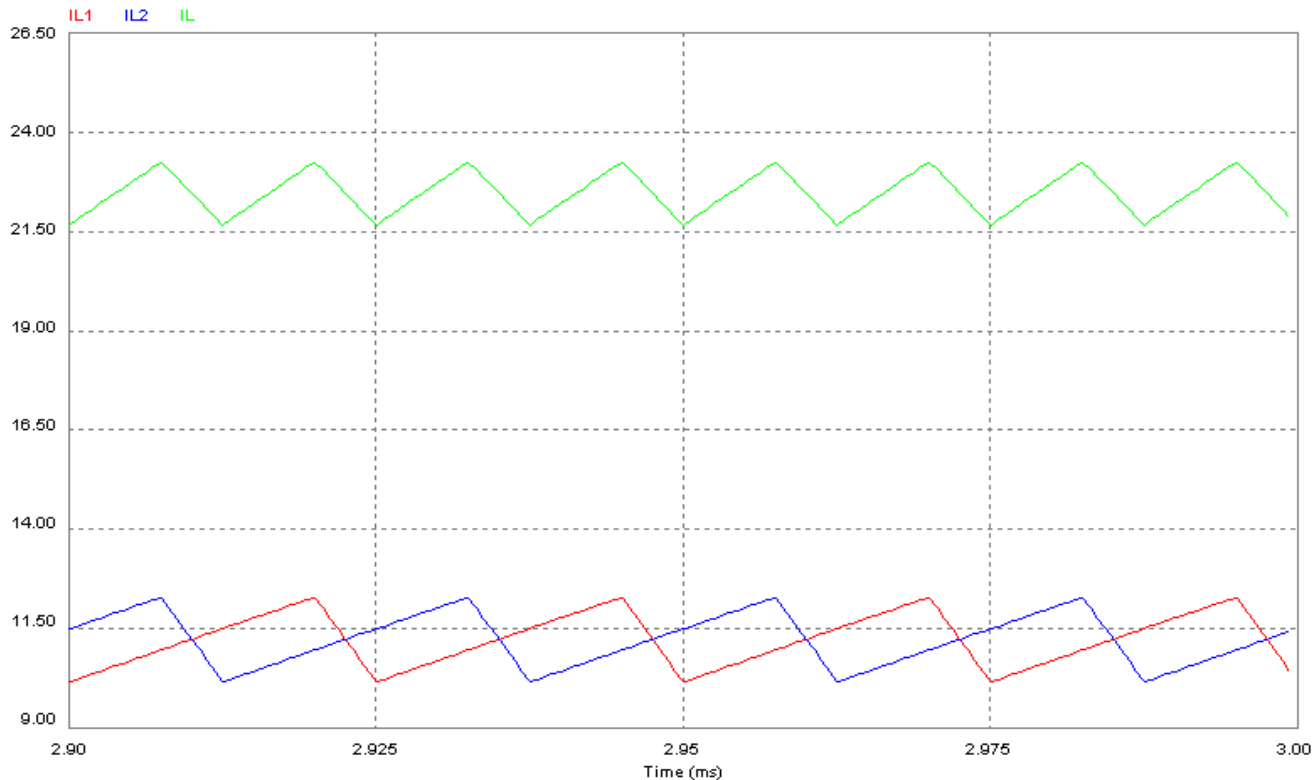
Gráfica de los rizados de corriente en cada inductor vs. tiempo



Frecuencia de conmutación= 40kHz y ciclo útil de trabajo=0.79



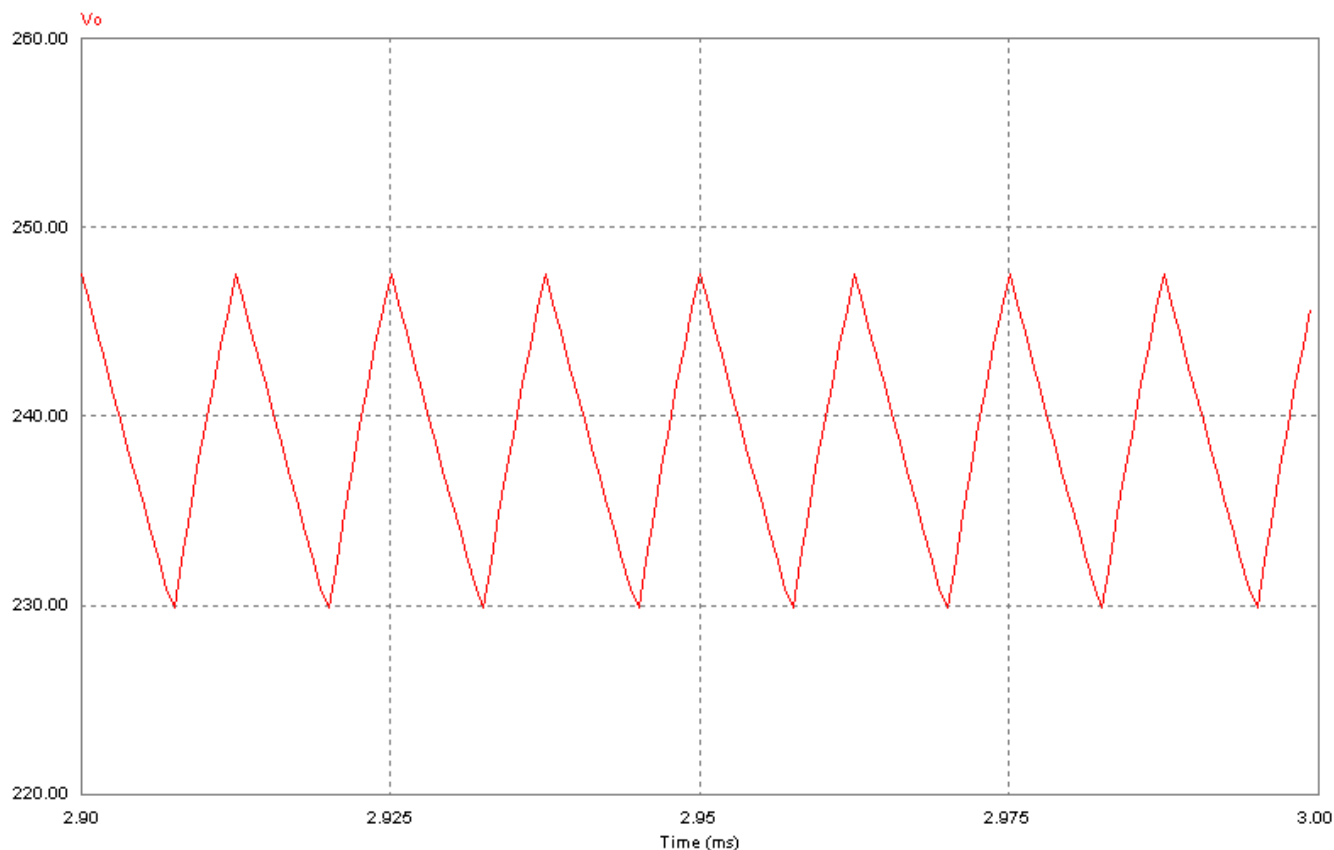
Gráfica de los rizados de corriente en cada inductor y el rizo de corriente de entrada vs. tiempo



Frecuencia de conmutación= 40kHz y ciclo útil de trabajo=0.79

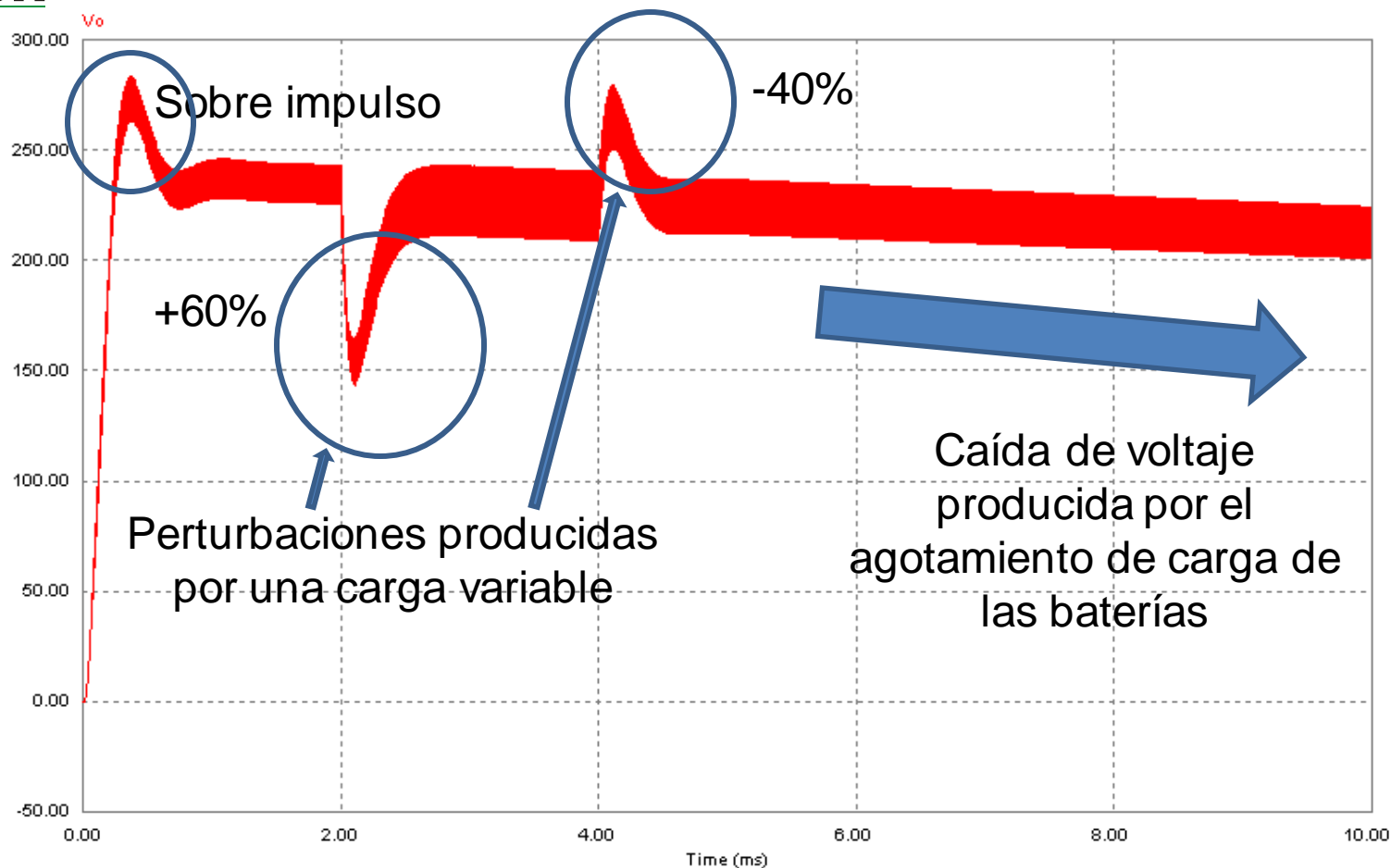


Gráfica del rizo de voltaje de salida vs. tiempo



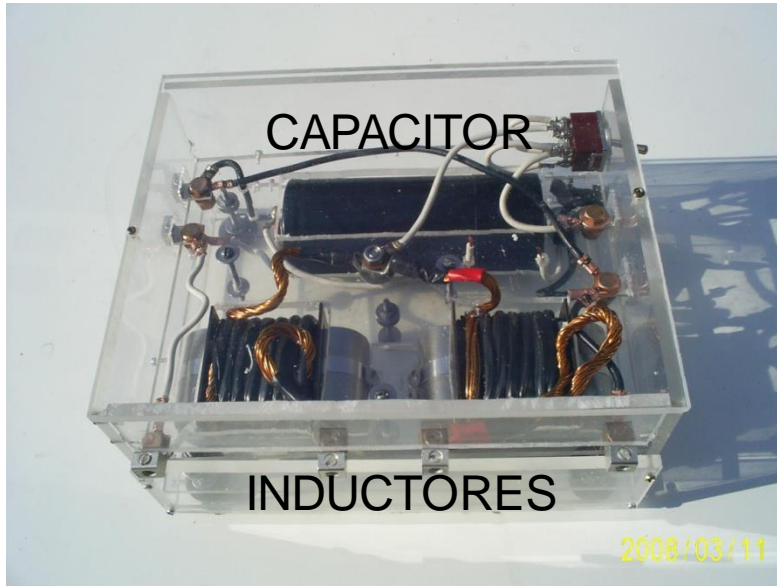
Frecuencia de conmutación= 40kHz y ciclo útil de trabajo=0.79

Gráfica del rizo de voltaje de salida vs. tiempo



Frecuencia de conmutación= 40kHz y ciclo útil de trabajo=0.79

Resultados experimentales



Modulo electrónico

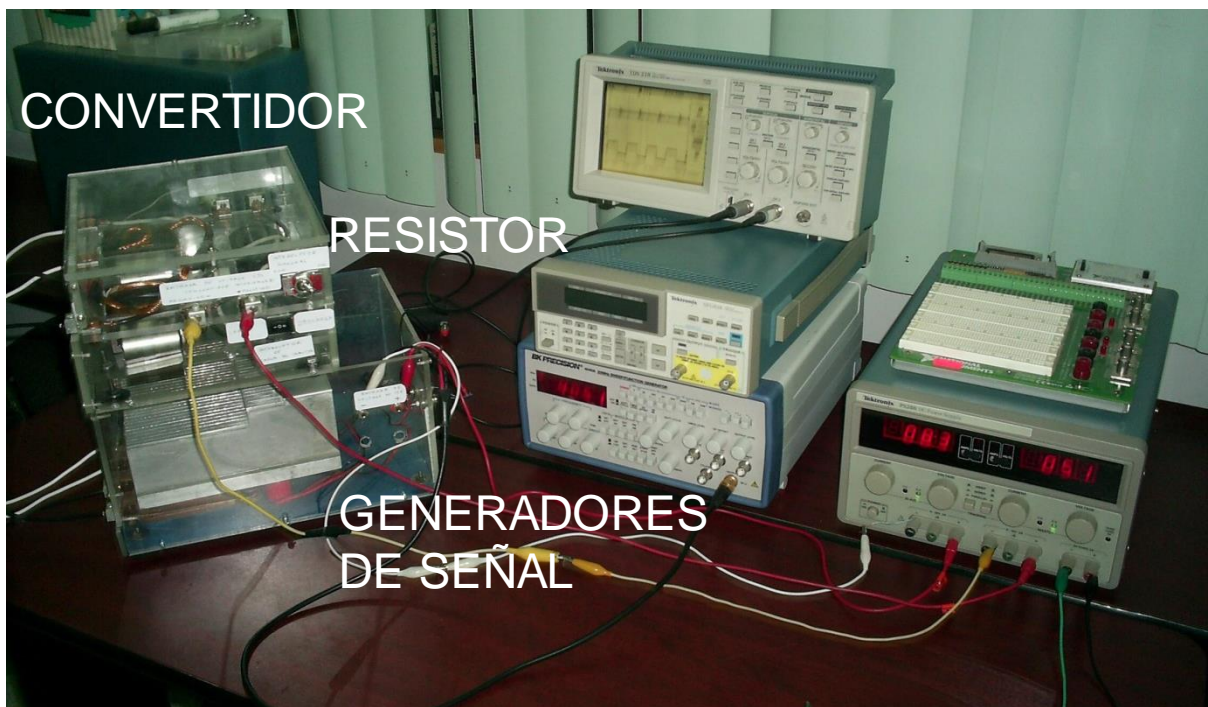
Modulo eléctrico



Resultados experimentales

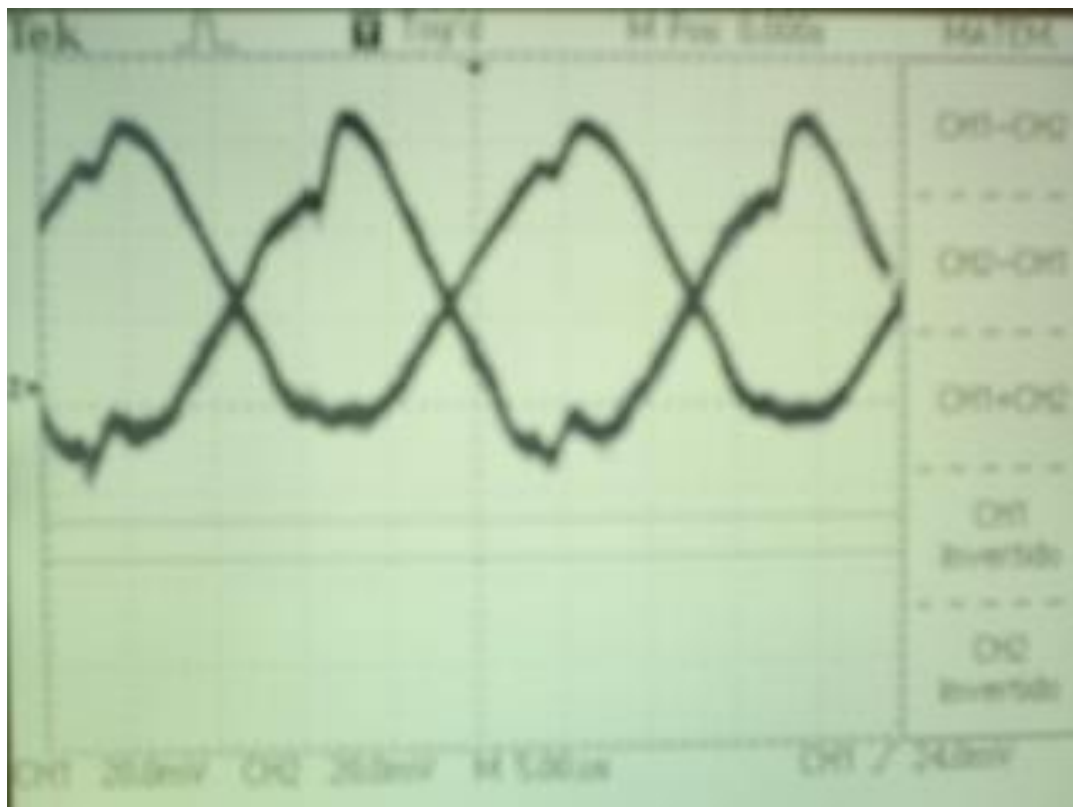
Conexión a fuentes y equipos de medición

OSCILOSCOPIO



Resultados experimentales

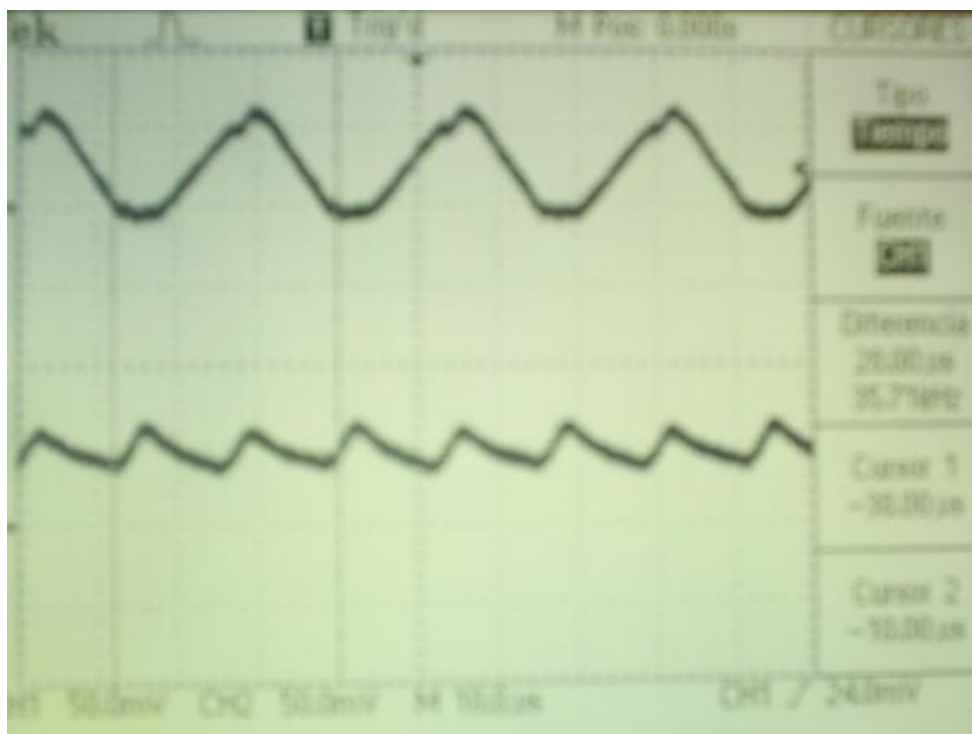
Gráfica de las señales de los rizados de corriente en cada inductor contra tiempo a una frecuencia de 40khz con un ciclo útil de 0.40



Rizos de corriente en cada inductor desfasados 180°

Resultados experimentales

Gráfica de la señal del rizo de corriente en uno de los inductores contra tiempo en la parte de arriba y abajo la señal de rizo de corriente de entrada a una frecuencia de conmutación de 40khz con un ciclo útil de 0.40

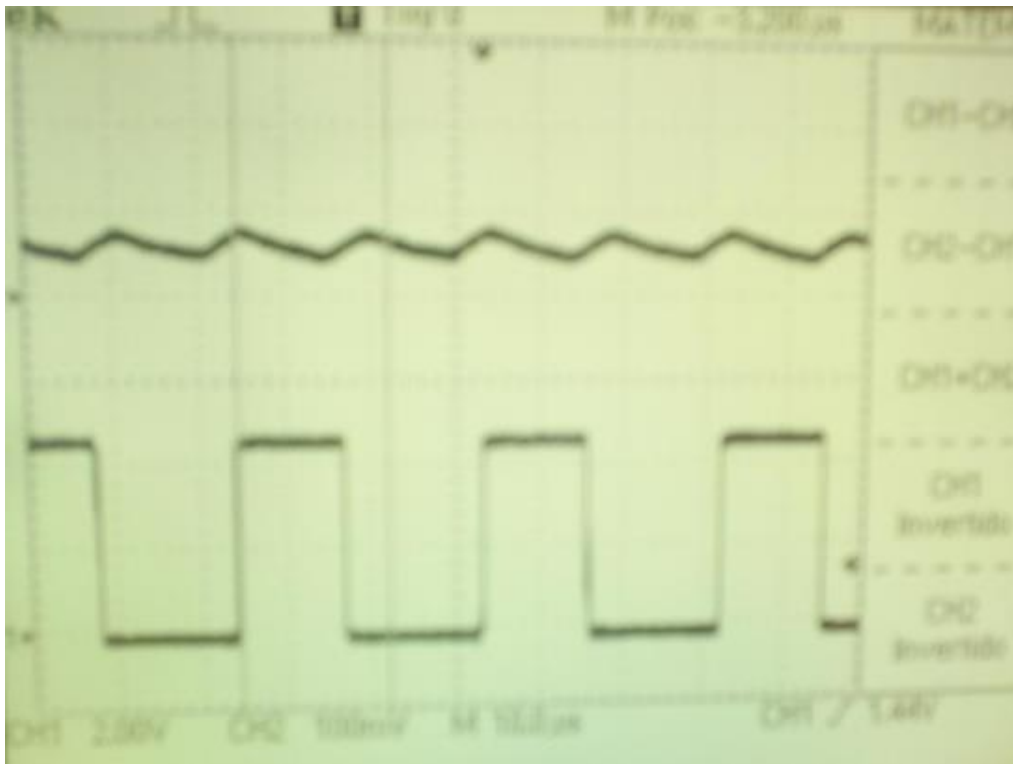


Rizo de corriente
a 40Khz
(inductor)

Rizo de corriente
a 80Khz
(entrada)

Resultados experimentales

Gráfica de la señal del rizo de corriente de entrada contra tiempo en la parte de arriba y abajo la señal cuadrada de modulada en ancho de pulso de entrada de control a una frecuencia de conmutación de 40khz con un ciclo útil de 0.40



Rizo de corriente
a 80Khz
(entrada)

Pulso cuadrado
modulado en ancho
a 40khz
(entrada de control)



Conclusión

La selección de la mejor una topología del convertidor, frecuencia de conmutación y componentes electrónicos reducirán las pérdidas de potencia del sistema de conversión y elevarán la eficiencia del mismo, lo cual se convertirá en mayor autonomía para el vehículo eléctrico reduciendo el peso y tamaño del modulo de potencia que alimentará a sistema de tracción. Por tal motivo, es importante hacer conciencia de que un diseño eficaz con un estudio y cálculo preciso de los componentes para poder transferir la mayoría de potencia de los acumuladores a los motores del sistema de tracción del vehículo y optimizar el manejo de energía.



Referencias bibliográficas y cibergrafía

ABOUT. (2016). History of Electric Vehicles. Disponible en:

<http://inventors.about.com/library/weekly/aacarselectrica.htm>

AUSTRIA L, NORIEGA R, CANALES B. (2015). Investigaciones, estrategias y medios en la práctica educativa, Importancia del diseño eficaz del convertidor de potencia eléctrico en el ahorro de energía y autonomía de un vehículo eléctrico. Cenid. México. ISBN: 978-607-8435-03-6.

PEREZ F. (2009). Vehículo eléctrico Servicio al cliente. Disponible en:

<http://noticias.universia.net.mx/ciencia-nn-tt/noticia/2009/02/13/17311/elabora-ipn-vehiculo-electrico.html>

AUSTRIA L, MURO B. (2008). Diseño y control de un convertidor paralelo de potencia. IPN México.

VOELCKER J. (2007). IEEE revista SPECTRUM Top 10 tech cars. Disponible en:

<http://www.spectrum.ieee.org/apr07/5012>



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**

2016





ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)