

Comparando las figuras 38 y 39 se observa que ninguna medida del disipador 21 se aproxima a la canaleta 2294, sin embargo al ser el único parámetro de comparación y teniendo en cuenta que los disipadores se colocarían en paralelo, se decidió aproximar la resistencia para 127[mm] de canaleta a un valor de  $R_{\theta d1} = 4.9 \left[ \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} \right]$

Con los valores de las resistencias aproximados, se calculó la resistencia térmica equivalente como sigue.

$$R_{\theta d} = \frac{(R_{\theta d1})(R_{\theta d2})}{R_{\theta d1} + R_{\theta d2}} = \frac{(4.9)(1.56)}{4.9 + 1.56} = 1.18 \left[ \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} \right]$$

La resistencia térmica aproximada del disipador es menor que la resistencia calculada por lo tanto el disipador se construyó con las canaletas elegidas.

## 5. Evaluación del Prototipo.

### Metodología.

Para la etapa de valoración del prototipo se realizaron pruebas que permitieran comprobar la veracidad del diseño así como las condiciones óptimas y máximas de operación del sistema, para ello se plantearon las siguientes evaluaciones:

- Regulación de carga para diferentes demandas de corriente.
- Eficiencia del convertidor.
- Prueba a temperatura de operación y al doble de la temperatura de operación.
- Monitoreo de las señales de control.
- Nivel de voltaje de rizo y de relación señal a ruido.

### 5.1. Pruebas Regulación de carga

Para las pruebas de regulación se usaron cargas de 5[A], 8[A] y 9[A], para las cuales se graficaron la regulación de voltaje y la eficiencia del convertidor.

Carga de 9A

Ven (V)	Ien (A)	Vsal (V)	Isal (A)	Eficiencia
104	1.4	13.38	8.9	81.87
96	1.5	13.38	8.9	82.69
90	1.5	13	8.6	82.81
86	1.5	12.5	8.5	82.36
80	1.5	12	8.2	82
76	1.5	11.7	8	82.1
70	1.5	11	7.7	80.66

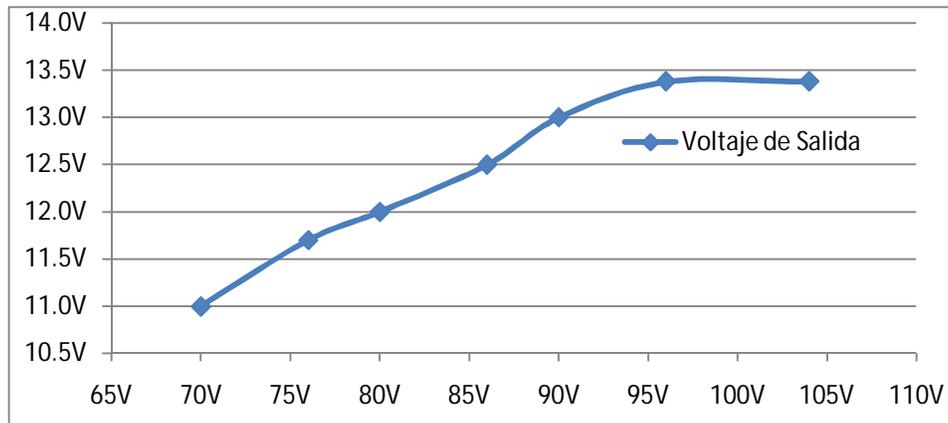


Figura 1A

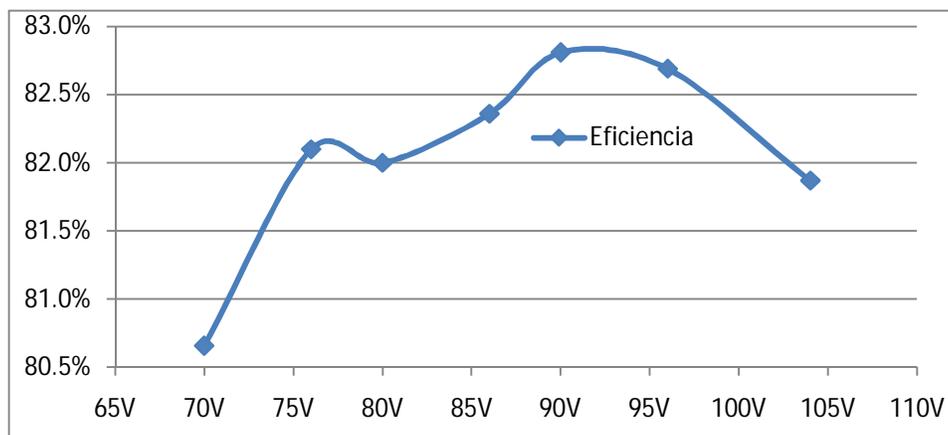


Figura 2A

Para la prueba con una carga de 9[A] se buscó que la fuente funcionara a una eficiencia por encima del 70% durante todo el rango de la ventana de regulación, de la figura 2A se observa que la fuente tuvo una eficiencia del 80.66% para un voltaje de entrada de 70[V]. De la figura 1A se aprecia que el voltaje de salida de la fuente cayó a 11[V] y la corriente de salida fue de 7.7[A] para un voltaje de entrada de 70[V], con esta potencia la carga total seguía en funcionamiento y cabe mencionar que dentro del vehículo la batería auxiliar compartirá la demanda de la carga.

Carga de 8A

Ven (V)	Ien (A)	Vsal (V)	Isal (A)	Eficiencia
104	1.21	13.55	7.84	84.41
96	1.3	13.55	7.78	84.47
90	1.38	13.5	7.75	84.23
86	1.43	13.33	7.75	84
80	1.51	13.36	7.68	84.93
76	1.45	12.89	7.3	85.38
70	1.46	12	7.2	84.54

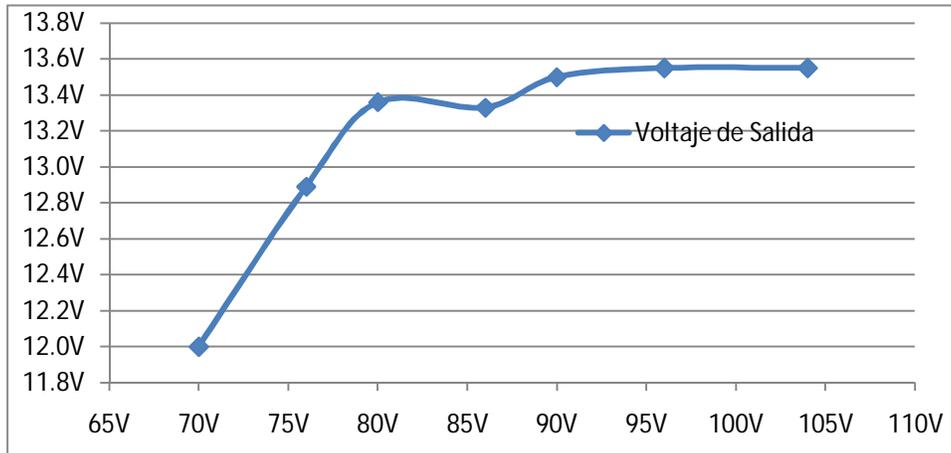


Figura 1B

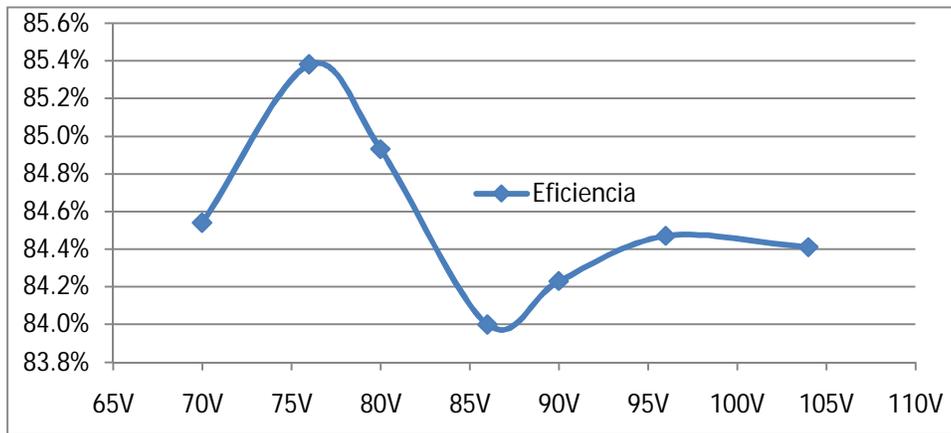


Figura 2B

De las figuras 1B y 2B se observa que la eficiencia del convertidor estuvo por arriba del 70% para todo el rango de voltaje de entrada. La carga que demanda el vehículo con todos los instrumentos auxiliares encendidos sin la batería auxiliar es de 5[A] aproximadamente, de la figura 2C se aprecia que la fuente puede entregar la potencia necesaria para alimentar los instrumentos hasta un nivel de 50[V] en el banco de baterías.

Carga de 5A

Ven (V)	Ien (A)	Vsal (V)	Isal (A)	Eficiencia
104	0.7	13.56	4.62	86.05
96	0.75	13.56	4.6	86.63
90	0.8	13.56	4.6	86.63
86	0.83	13.56	4.59	87.19
80	0.89	13.5	4.59	87.02
76	0.93	13.5	4.59	87.66
70	0.91	12.6	4.43	87.62

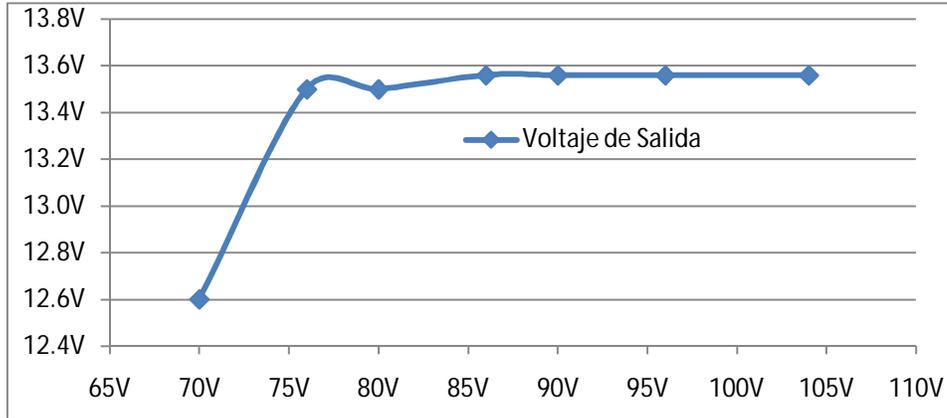


Figura 1C

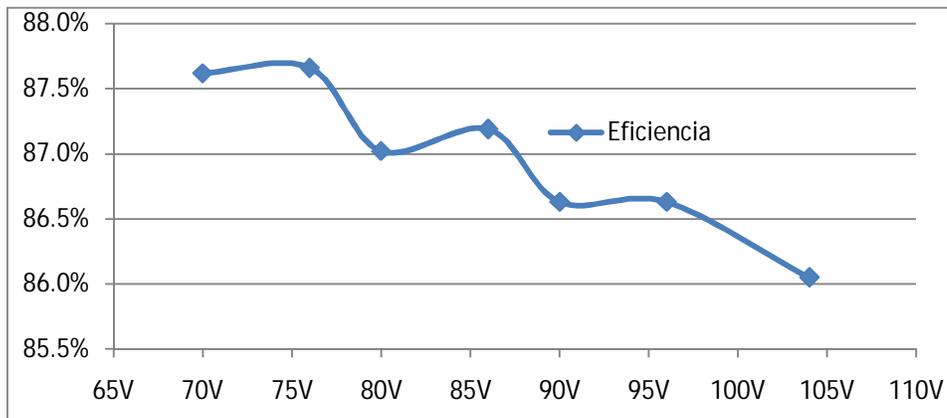


Figura 2C

Durante las pruebas se monitoreó la temperatura máxima y mínima de los MOSFETTS, así como del disipador, esto con el fin de corroborar los cálculos de diseño.

T max (°C) MOSFET
56
57
61

T max (°C) Disipador
52
52
53

## 5.2 Pruebas de Temperatura.

Las pruebas se realizaron con el fin de observar el funcionamiento del convertidor DC-DC a las diferentes temperaturas que se alcanzan en el interior de la cabina del vehículo. Se realizó una medición de las temperaturas máxima y mínima dentro de la cabina, con el fin de someter los sistemas a temperaturas similares según su ubicación. El convertidor DC-DC se ubicó en la parte más templada de la cabina, siendo los 30[°C] la temperatura media, sin embargo las pruebas se realizaron buscando doblar esa temperatura, al final las temperaturas mínima y máxima a las que fue sometido el prototipo fueron 30[°C] y 64[°C].

Las pruebas fueron realizadas en condiciones de carga real, es decir, se conectó a la batería auxiliar descargada, con el fin de obtener la demanda máxima por parte de la carga. Para tomar las mediciones se utilizaron dos termocrones, uno para sensar la temperatura ambiente y otro para tomar la temperatura en la pared de contacto entre los dispositivos y el disipador, esta temperatura se definió como  $T_d$ .

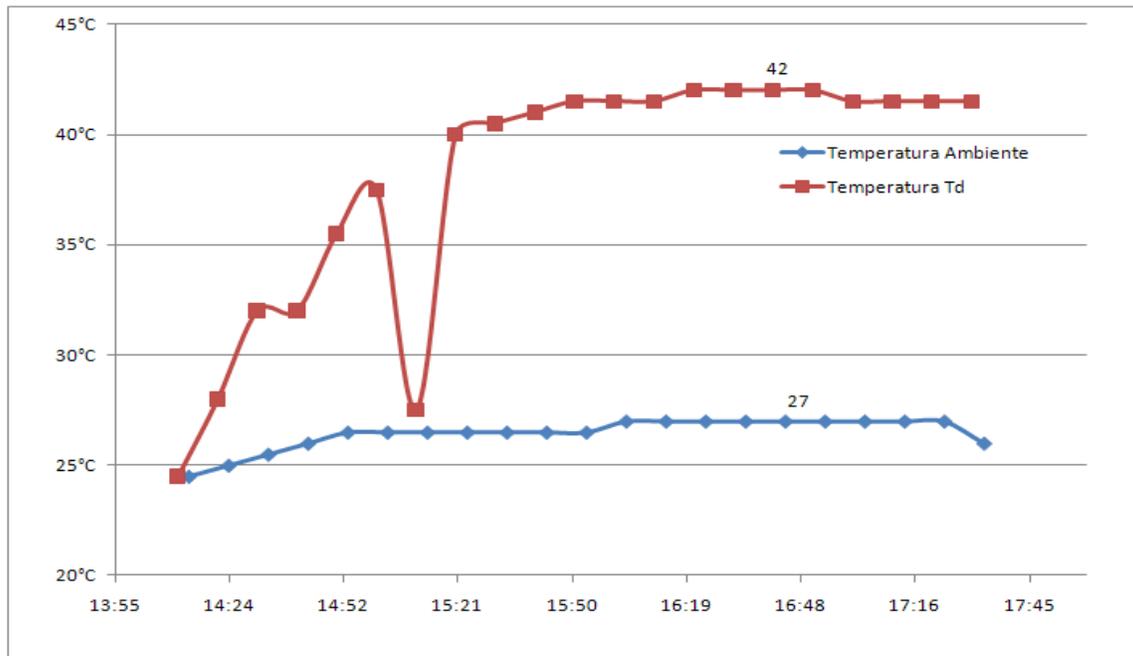


Figura 40.- Prueba a 30[°C.]

A temperatura ambiente la temperatura  $T_d$  no rebasó los 44[°C].

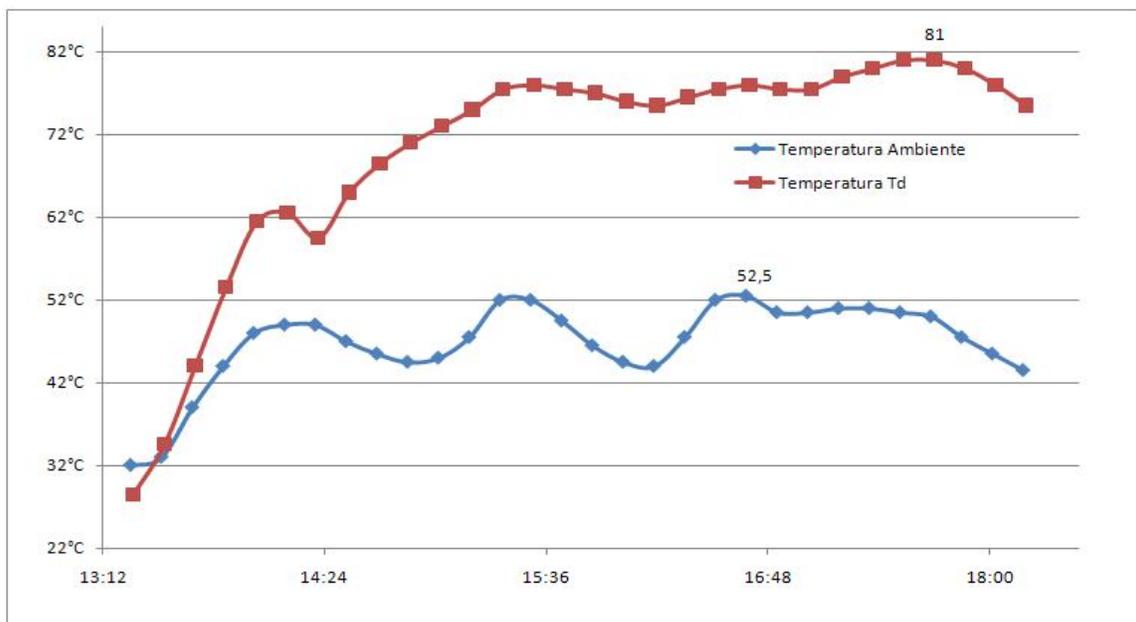


Figura 41.- Prueba a 50[°C].

Para el cálculo del disipador de calor se usó una temperatura ambiente de 40[°C], para la cual la temperatura  $T_d$  sería de 81.8[°C], en la figura se observa que para una temperatura ambiente de 50[°C] la temperatura  $T_d$  máxima fue de 81[°C].

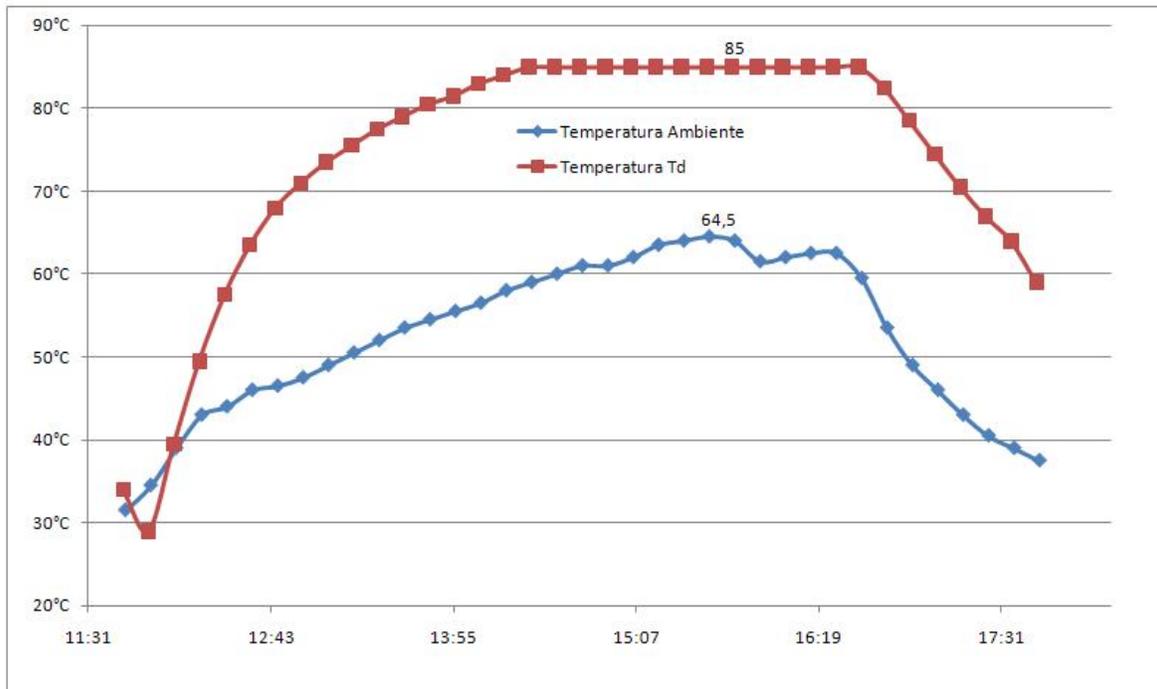


Figura 42.- Prueba a 60[°C].

De la figura se aprecia que la temperatura ambiente máxima alcanzó los 64.5[°C], esta temperatura es el doble de la temperatura a la que operará la fuente dentro del vehículo, el objetivo de esta prueba además de comprobar el diseño del disipador de calor, fue observar si el prototipo podía funcionar en condiciones de temperatura extrema y así tener una mejor idea del tiempo promedio entre fallas (MTBF por sus siglas en inglés) del convertidor.

### 5.3 Señales de control.

Para las señales de control se monitorearon los voltajes de Gate y de Drain-Source, pues estas señales ofrecen una idea más clara del funcionamiento del convertidor, pues si la señal del voltaje de Gate no es lo suficientemente cuadrada o presenta oscilaciones, el MOSFET estaría conmutando en falso, lo cual representa mayores pérdidas de conmutación o incluso dañarlo, por otra parte el voltaje Drain-Source permite saber si es necesario agregar una red snubber cuando las espigas de voltaje estén cerca del 80%Vdsmáx que soportan los MOSFETS. También se observaron los niveles del voltaje de rizo y de ruido para la señal de salida del convertidor, las señales del acondicionamiento para la retroalimentación de voltaje, el límite de corriente y el voltaje de inversa en los diodos de salida.

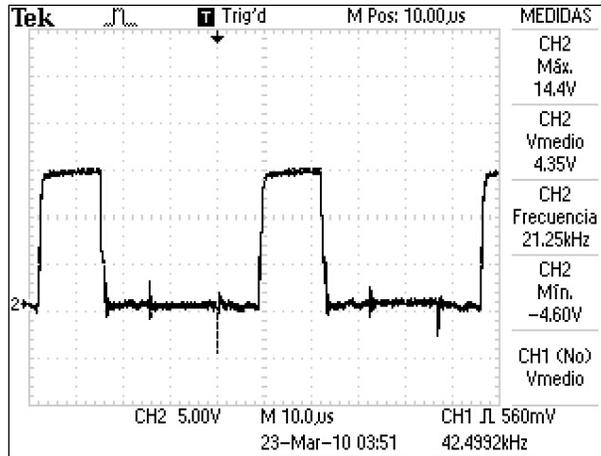


Figura 43.- Voltaje de Gate.

El voltaje de Gate debe estar entre los 15[V] y los 14[V] debido a la caída de voltaje en el diodo del circuito de disparo.

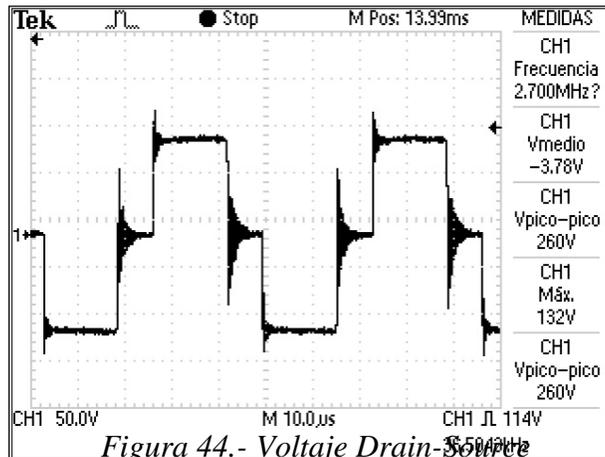


Figura 44.- Voltaje Drain-Source

El voltaje de Drain-Source debe ser teóricamente  $2V_{in}$ , las pruebas fueron realizadas con un  $V_{in} = 104[V]$ , por lo tanto se espera que el voltaje Drain-Source sea de  $208[V]$  aproximadamente. Las escalones en la gráfica se deben a los tiempos muertos entre cada periodo de conmutación (cuando el voltaje Drain-Source es  $V_{in}$ ) y cuando el elemento de conmutación se enciende (cuando el voltaje Drain-Source es  $2V_{in}$ ).

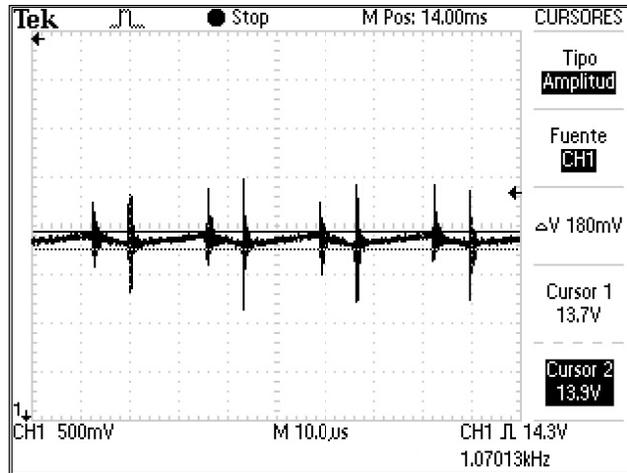


Figura 45.- Voltaje de rizo.

Para cumplir con las especificaciones de diseño el voltaje de rizo no debe rebasar los 200[mV] pico a pico.

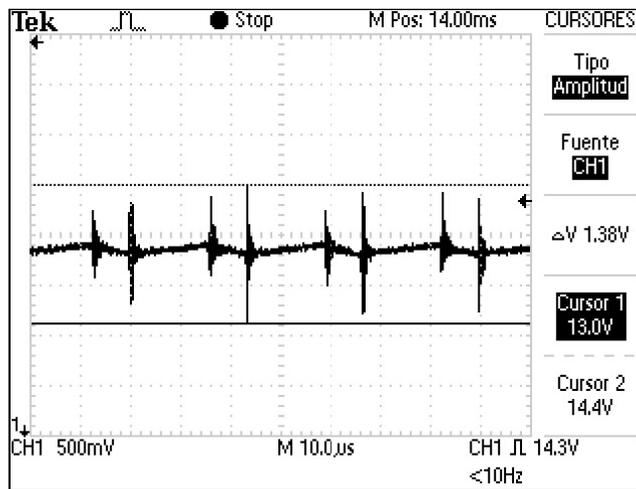


Figura 46.- Voltaje de ruido a la salida.

El voltaje de ruido se debe en mayor parte a los elementos de conmutación y al transformador. Los niveles de ruido están en función de los escalones de la gráfica de voltaje Drain-Source (cuando operan los elementos de conmutación).

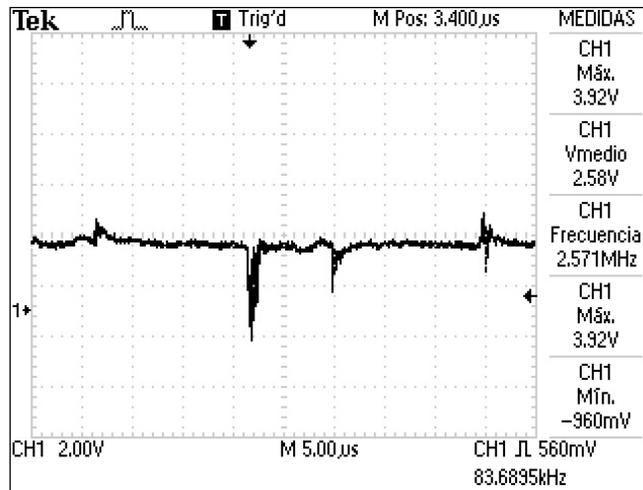


Figura 47.- Voltaje acondicionado para el amplificador de error.

El voltaje acondicionado debe estar entre los 2.5[V] y 5[V].

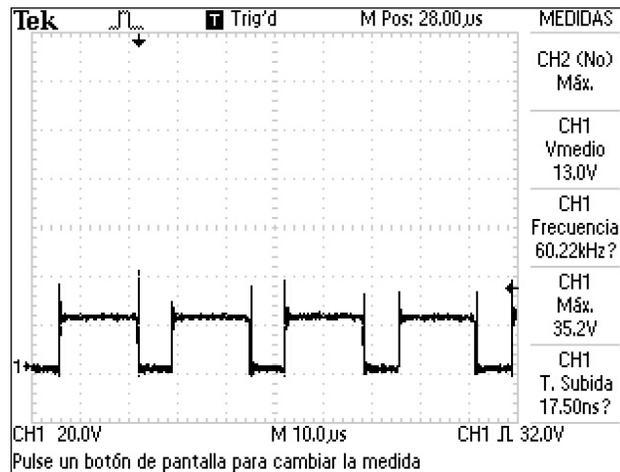


Figura 48.- Voltaje de inversa en los diodos de salida.

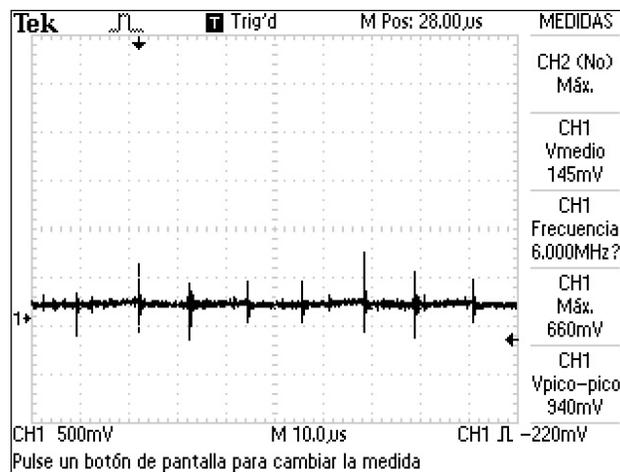


Figura 49.- Voltaje acondicionado para el límite de corriente.

Para la figura el voltaje de inversa de los diodos no debe rebasar los 45[V], para la figura el voltaje acondicionado debe estar por debajo de los 200[mV] y cuando rebasa este nivel, debe entra el límite de corriente.

## 6. Participación Profesional.

Como integrante del equipo de diseño electrónico mi participación dentro del proyecto fue rediseñar el prototipo de la fuente o en su caso diseñar uno nuevo, respaldado en la teoría básica de fuentes de poder conmutadas, revisar si la elección de la topología fue la adecuada y en caso de no serlo elegir la adecuada y empezar el diseño nuevamente.

Para este reporte, se rediseñó un prototipo anterior; debido a la poca documentación existente se evaluó el diseño a partir del diagrama eléctrico, se cambió el circuito de control de PWM y se rediseñaron los circuitos de alimentación, de arranque lento, de disparo del MOSFET y el sensado de corriente así como el transformador, el filtro de salida y el disipador de calor. Después del rediseño se realizó el circuito del PCB, se eligieron componentes más adecuados para la implementación, se buscaron sistemas similares en el mercado para la validación del nuevo prototipo y se plantearon y realizaron las pruebas para la evaluación del sistema. Por último se diseñó un gabinete para la fuente con la ayuda del software de diseño de piezas SolidWorks (figura 51).

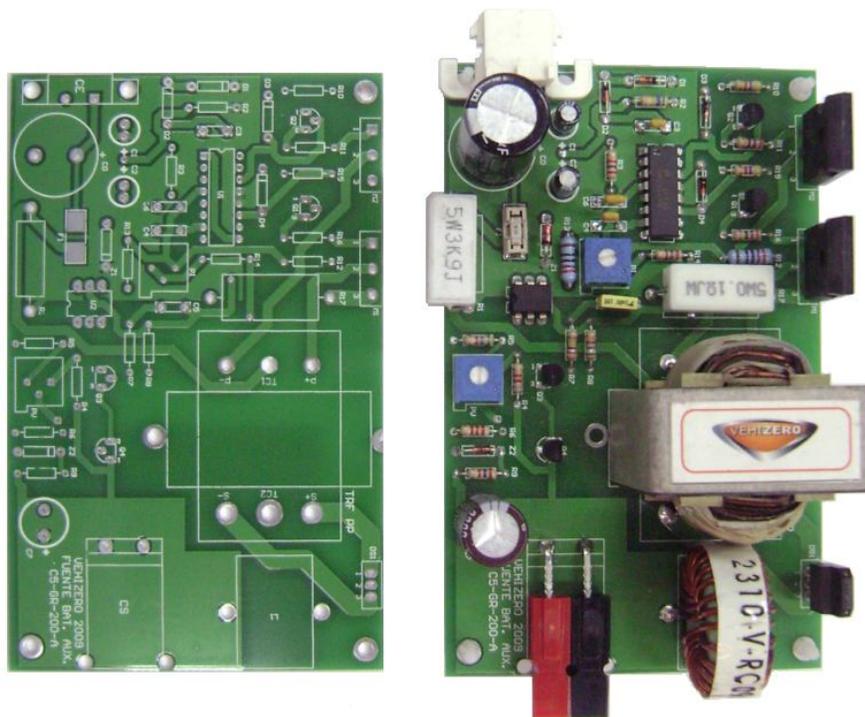


Figura 50.- PCB del convertidor DC-DC.