

Sistema de acondicionamiento de señal para sensor de corriente no invasivo de 30A

Diseñado por: Ing. Alejandro Bañol Escobar
(Colombia)

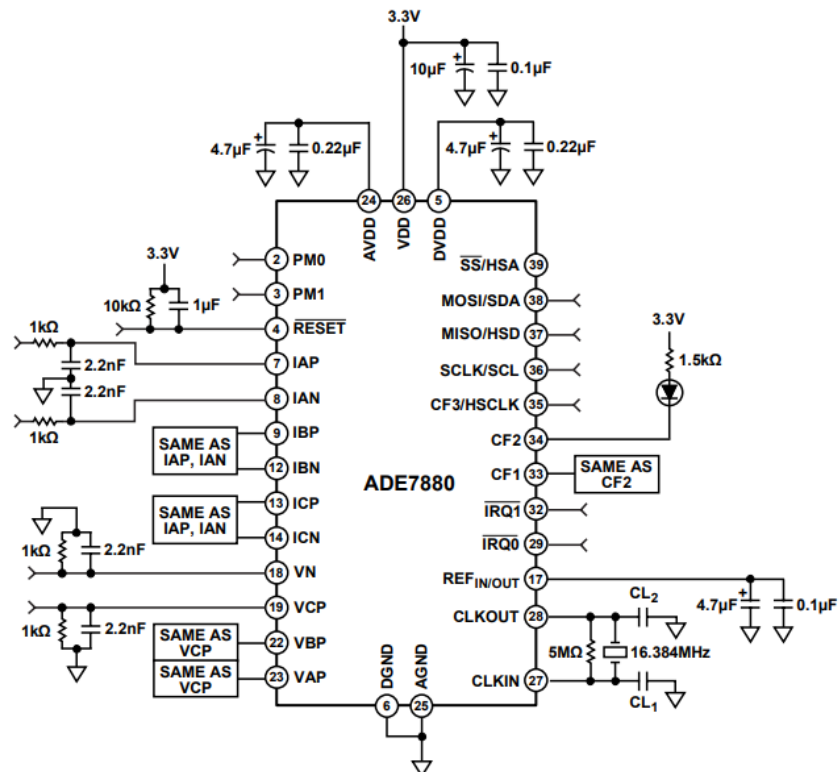
Objetivo:

En el diseño de un medidor de energía IoT para motores trifásicos se planea usar un integrado ADE7880 el cual incorpora todo el procesamiento de señales necesario para realizar mediciones de energía activa, aparente total, cálculos de valor eficaz (RMS), así como mediciones de energía reactiva, factor de potencia y la distorsión armónica.

Por lo cual se requiere implementar el acondicionamiento de señal que permita conectar un sensor de corriente sct-013 de 30A/1V al ADE7880.

Consideraciones de diseño:

1. El ADE 7880 incorpora siete entradas analógicas que forman canales de corriente y tensión. Los canales de corriente constan de cuatro pares de entradas de tensión totalmente diferenciales: IAP e IAN, IBP e IBN, ICP e ICN, e INP e INN. En la siguiente imagen se presenta el diagrama del circuito básico de aplicación donde se observa cada entrada.



Estos pares de entradas de tensión tienen una señal diferencial máxima de $\pm 0,5$ V. Tal como se observa en la siguiente imagen:

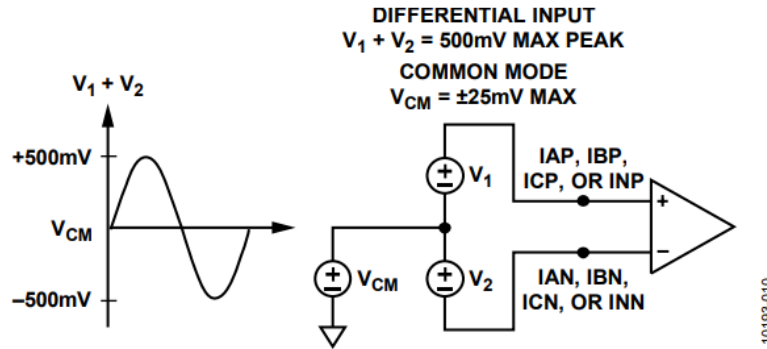


Figure 36. Maximum Input Level, Current Channels, Gain = 1

Por lo anterior la señal suministrada por el sct-013 al ADE7880 no puede superar un voltaje pico de 0.5V o el equivalente a un voltaje de 1V pico a pico, en base a un voltaje de referencia (V_{cm}).

2. Se consultó en la hoja de datos del IC los valores máximos que puede soportar y que en caso de superarlos pueden provocar el daño de este. Donde según la información de la siguiente tabla no se puede sobrepasar el límite de -2V y +2V para cada par de entradas análogas (IAP e IAN, IBP e IBN, ICP e ICN).

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

$T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.

Table 5.

Parameter ¹	Rating
VDD to AGND	-0.3 V to +3.7 V
VDD to DGND	-0.3 V to +3.7 V
Analog Input Voltage to AGND, IAP, IAN, IBP, IBN, ICP, ICN, VAP, VBP, VCP, VN	-2 V to +2 V
Analog Input Voltage to INP and INN	-2 V to +2 V
Reference Input Voltage to AGND	-0.3 V to VDD + 0.3 V
Digital Input Voltage to DGND	-0.3 V to VDD + 0.3 V
Digital Output Voltage to DGND	-0.3 V to VDD + 0.3 V
Operating Temperature	
Industrial Range	-40°C to +85°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	300°C

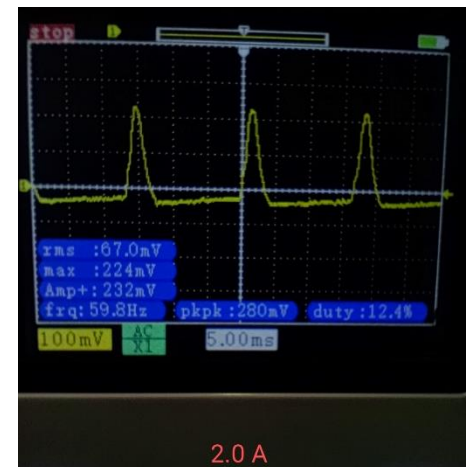
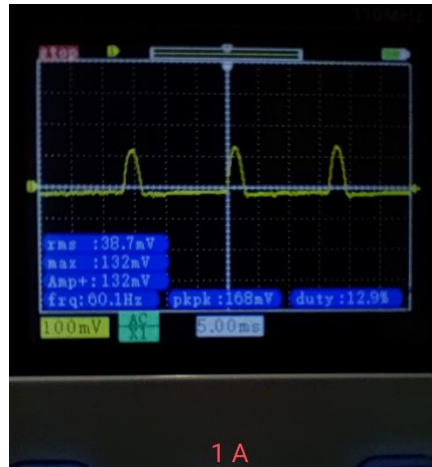
3. Ya que se tenía previsto realizar pruebas en campo y teniendo en consideración las clases vistas sobre la importancia del aislamiento para evitar el ruido eléctrico. Se optó por alimentar el prototipo desde una batería y no desde la red eléctrica, de manera provisional.

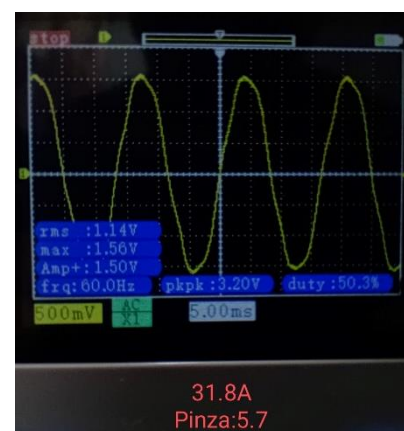
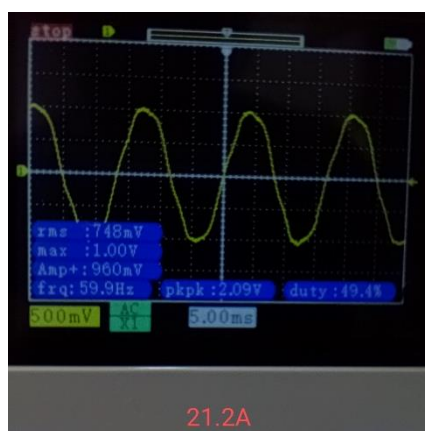
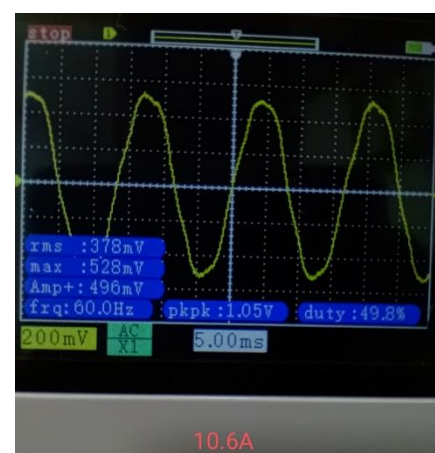
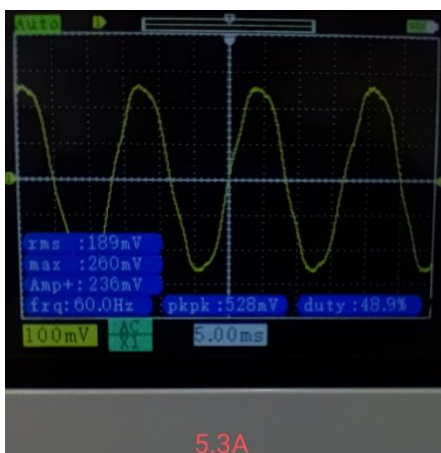
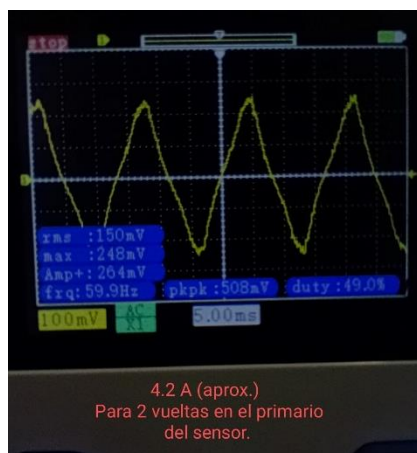
Pruebas previas al acondicionamiento de señal

Dado que desconocía el funcionamiento del sensor y no tenía claro si en la relación 30A/1V, el voltaje era rms, máximo o pico a pico. Realice pruebas con un taladro y un motor de máquina de coser, donde para simular el aumento de corriente, incremente la cantidad de vueltas sobre el sensor. Como equipo patrón use una pinza amperimétrica Digital Uni-t Ut202a+ 600a AC. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos. Donde pude concluir que el voltaje de 1V para 30A corresponde a un voltaje rms, ya que este es el valor al cual se acerca el sensor cuando la corriente esta próximo a la frontera de los 30A (ver en la tabla la prueba 14).

Señal del CT (respecto a GND)				
Prueba	Corriente sensada con pinza amperimétrica (A)	Vrms (V)	Vmax (V)	Pk - Pk (V)
1	0,5	0,024	0,08	0,104
2	1	0,0387	0,132	0,168
3	1,5	0,0519	0,184	0,228
4	1,6	0,0556	0,192	0,236
5	1,7	0,0591	0,216	0,264
6	1,8	0,0608	0,224	0,272
7	2	0,067	0,224	0,28
8	2,1	0,07	0,224	0,284
9	4,2	0,15	0,248	0,508
10	5,3	0,189	0,26	0,528
11	10,6	0,378	0,528	1,05
12	15,9	0,577	0,78	1,64
13	21,2	0,748	1	2,09
14	26,5	0,956	1,3	2,66
15	31,8	1,14	1,56	3,2

A continuación, se anexan algunas evidencias de las pruebas realizadas:





Diseño del acondicionamiento de señal

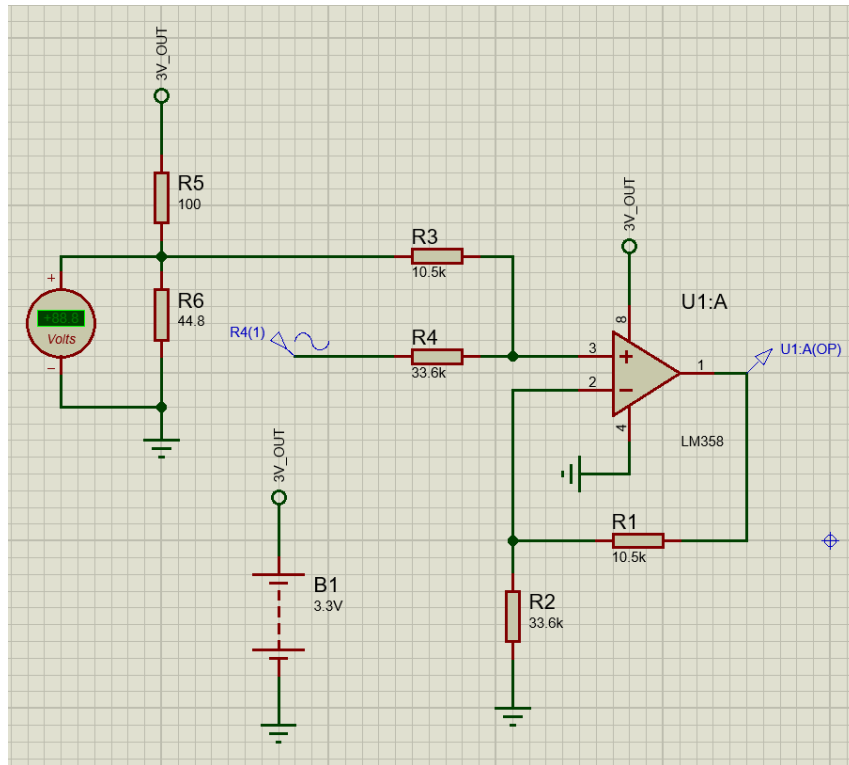
Mediante las pruebas se llegó a la conclusión que el sensor de corriente SCT-013 al sensor 32A entrega un voltaje máximo de 1,6V.

De allí se estableció que el acondicionamiento debía reducir los 1.16V a 0.5V tal como lo requiere el ADE7880 (Ver figura 36 del datasheet). Se estableció la siguiente relación donde se añade un offset a la señal de salida para que oscile entre 0.5V y 1.5V con el objetivo de evitar valores negativos:

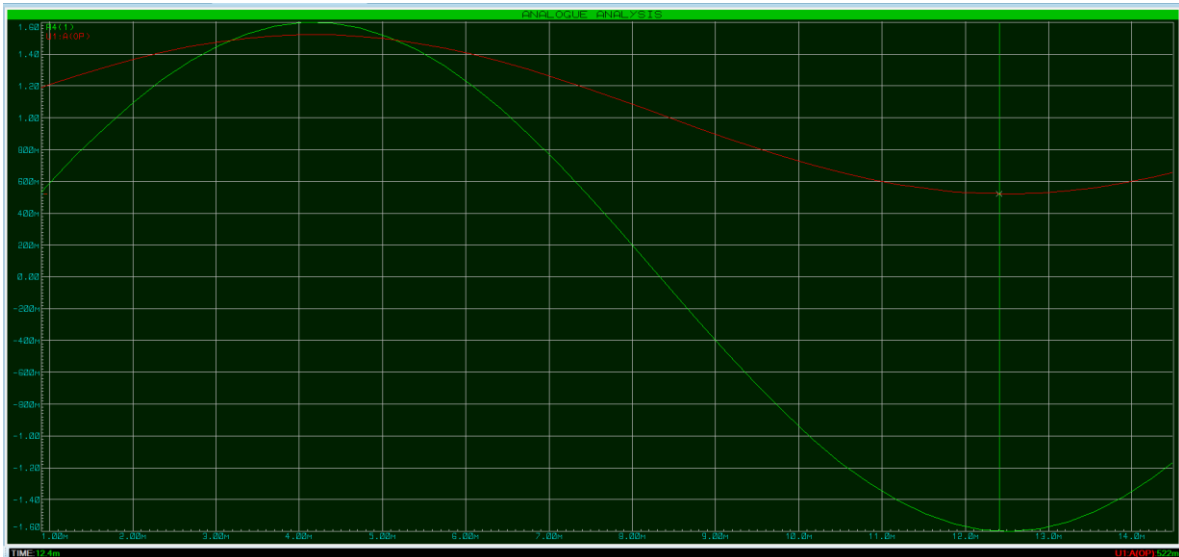
	V _{máx}	V _{máx}
x	-1,6	1,6
y	-0,5	0,5

$$Y = 0,3125X + 1$$

Con un opamp en modo sumador se resolvió la ecuación lineal y se implementó el circuito en proteus para su simulación tal como se observa a continuación.



En verde se presenta la señal de entrada con una amplitud de 1,6V y en rojo la señal de salida con una amplitud máxima de 500mV.



Para el offset de 1V en la simulación se usó un divisor de tensión, pero ya que las resistencias se pueden calentar y afectar el nivel voltaje. La idea es usar una fuente de referencia de voltaje como por ejemplo el MAXIM DS4303R+T&R o un regulador de derivación de precisión ajustable TLV431.

Después se construyó el siguiente prototipo para realizar pruebas de campo y así verificar el funcionamiento del circuito. En cada prueba se verifico con el osciloscopio la señal entregada por el sensor y a la salida del acondicionamiento.



Resultados obtenidos durante las pruebas

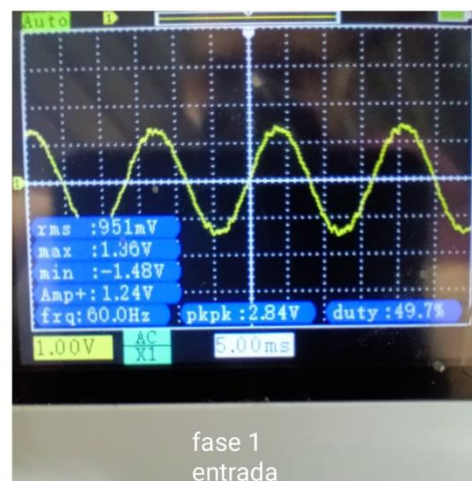
El prototipo se probó en motores de 5, 10, 15 y 50 caballos de fuerza (HP), bajo condiciones de trabajo a carga máxima. La metodología en cada prueba consistió en tomar varias mediciones de la corriente con las pinzas amperimétricas UNIT dada la naturaleza oscilante la corriente para así obtener un valor promedio por cada fase. Después se registraron los siguiente parámetros: V_{rms} , V_{max} , V_{min} , Frecuencia y Voltaje pico a pico ($Pk - Pk$). A continuación, se presenta un ejemplo para un motor de 10 HP.



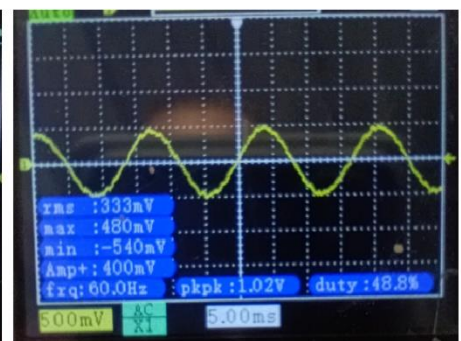
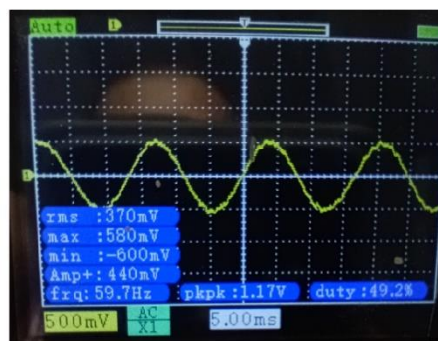
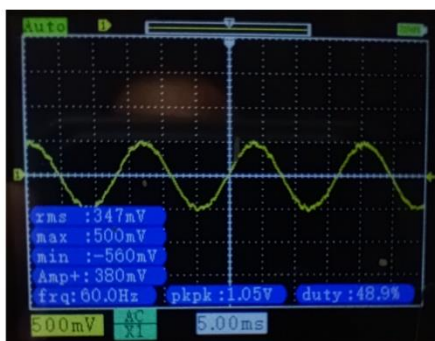
Se presentan algunas lecturas de corriente registradas para la fase R.



En la siguiente imagen se observa la señal entregada por el sensor de corriente, pero los valores no son estables dada la oscilación de la corriente, ya que por ejemplo en el lado izquierdo de la imagen se observa que el $V_{\text{máx}}$ es de 1,16V pero en el lado derecho es de 0,951V :

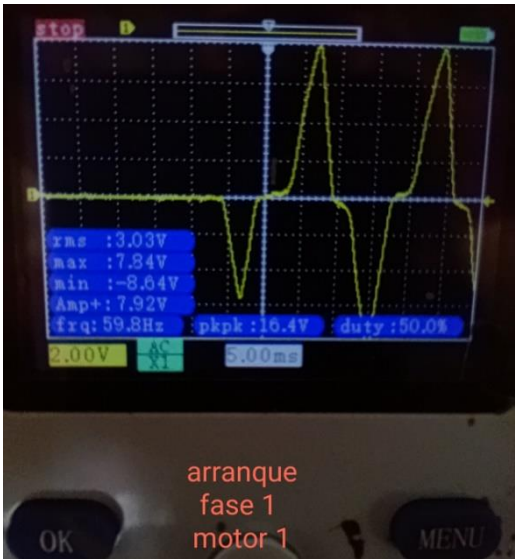


A continuación, algunas imágenes de la señal obtenida a la salida del acondicionamiento durante las mediciones realizadas a la fase R:

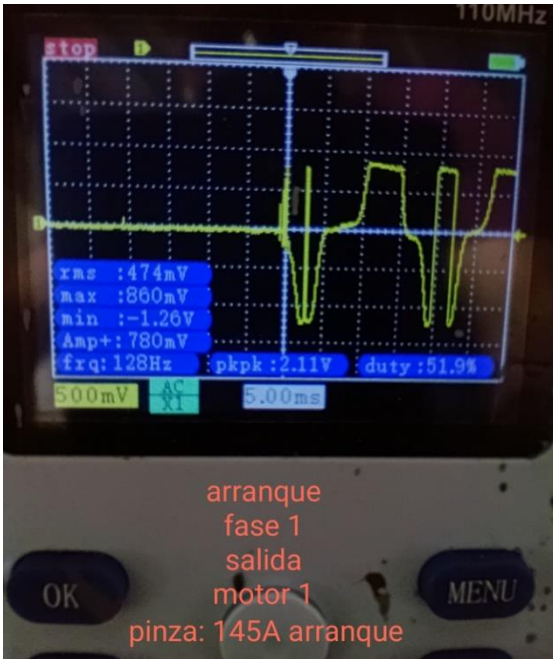


También se realizaron pruebas para detectar la señal entregada por el sensor durante el arranque del motor. Con el objetivo de poder identificar los picos máximos de voltaje y que puedan causar

daños al sistema. En la siguiente imagen se evidencia que para este motor en la fase R se genera un pico de 7,84V aproximadamente y un voltaje pico a pico de 16,4V.



Durante el arranque también se verifico la señal a la salida del acondicionamiento, donde a 0.860V la señal se satura y el voltaje pico a pico es de 2,11V. Según lo que interprete del datasheet del ADE7880 esta señal no le afectaría, puesto que este IC soporta máximo -2V a +2V (ver tabla 5) en las entradas diferenciales, es decir 4V pico a pico.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

T_A = 25°C, unless otherwise noted.

Table 5.

Parameter ¹	Rating
VDD to AGND	-0.3 V to +3.7 V
VDD to DGND	-0.3 V to +3.7 V
Analog Input Voltage to AGND, IAP, IAN, IBP, IBN, ICP, ICN, VAP, VBP, VCP, VN	-2 V to +2 V
Analog Input Voltage to INP and INN	-2 V to +2 V
Reference Input Voltage to AGND	-0.3 V to VDD + 0.3 V
Digital Input Voltage to DGND	-0.3 V to VDD + 0.3 V
Digital Output Voltage to DGND	-0.3 V to VDD + 0.3 V
Operating Temperature	
Industrial Range	-40°C to +85°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	300°C

Finalmente, en la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para las pruebas por cada fase con el motor de 10 HP:

SCT-013-30A/1V con resistencia de carga interna				Entrada: Señal del CT (respecto a GND)				Salida: Señal acondicionada (respecto a GND)				MOTOR #1: TINA		
potencia	fase	corriente (A) - pinza	prueba	Vrms (V)	Vmax (V)	Vmin (V)	Frecuencia (Hz)	Pk - Pk (V)	Vrms (V)	Vmax (V)	Vmin (V)	Frecuencia (Hz)	Pk - Pk (V)	Mediciones sincronizadas
10 HP	R	31,85	1	1,16	1,72	-1,84	60	3,56	0,37	0,58	-0,6	59,7	1,17	NO
		33,37	2	0,951	1,36	-1,48	60	2,84	0,333	0,48	-0,54	60	1,02	NO
		32,6												
		33,46												
		27,95												
		28,73												
		33,02												
		30,37												
		28,05												
		27,14												
		27,61												
10 HP	S	31,42	1	1,1	1,56	-1,68	60	3,24	0,303	0,432	-0,456	60	0,888	NO
		29,53	2	1,11	1,56	-1,68	59,8	3,24	0,326	0,472	-0,48	60	0,952	NO
		31,05	3	1,16	1,68	-1,84	60	3,52	0,343	0,488	-0,512	60	1	NO
		32,74	4	0,992	1,4	-1,52	59,9	2,92	0,36	0,528	-0,544	60	1,07	NO
10 HP	T	27,61	1	0,948	1,32	-1,44	60	2,76	0,314	0,448	-0,472	59,8	0,92	NO
		27,59	2	1	1,4	-1,56	60,1	2,96	0,301	0,424	-0,448	60,1	0,872	NO
		28,44	3	0,902	1,28	-1,4	59,8	2,68	0,308	0,44	-0,464	60	0,904	NO
									0,290	0,408	-0,432	60,1	0,84	NO
Prueba de arranque: Motor 10HP, 1 segundo después de encendido, carga completa														
fase	corriente (A) - pinza	Vrms (V)	Vmax (V)	Vmin (V)	Fre. (Hz)	Pk - Pk (V)								
R	145	3,03	7,84	-8,64	59,8	16,4								