

# Analizador de redes monofásico

Leandro Saraco  
leandrosaraco@gmail.com

## A) Índice

B. Abstract	pág. 1
C. Fundamentación	pág. 1
C.1. Problemática	pág. 1
C.2. Solución	pág. 1
C.3. Del software	pág. 1
C.4. Del hardware	pág. 2
D. Objetivos	pág. 2
E. Alcance logrado	pág. 2
F. Diagrama en bloques	pág. 2
G. Sobre el hardware	pág. 3
H. Sobre el software	pág. 4
I. Conclusiones	pág. 4
J. Referencias	pág. 5
K. Anexos	pág. 6
Anexo 1 - Diagrama de tareas	pág. 6
Anexo 2 - Esquemáticos	pág. 7
Anexo 3 - Diseño físico	pág. 13
Anexo 4 - Puntos de prueba	pág. 18
Anexo 5 - Calibración	pág. 20
Anexo 6 - Guía de uso	pág. 21

**B) ABSTRACT:** El proyecto consiste en un analizador de redes monofásico que a partir de las mediciones de tensión y corriente de la red permite calcular sus valores pico y RMS, así como el consumo en tiempo real, la relación angular entre la potencia activa y aparente ( $\cos\phi$ ), y la distorsión armónica (THD). Ha sido desarrollado con un microcontrolador LPC1769 (arquitectura cortex M3) utilizando un sistema operativo en tiempo real (FreeRTOS v7.5.3). Se utilizó como entorno de desarrollo el IDE MCUXpresso v11.0.

**PALABRAS CLAVE:** Analizador de red - Pantalla táctil - THD- Memoria SD - LPC1769 - Cortex M3 - FreeRTOS - Sensor de efecto Hall

## C) Fundamentación

### C.1) Problemática

Una instalación de energía eléctrica debe cumplir con ciertos estándares que garanticen que sus parámetros fundamentales se cumplan. Entre ellos encontramos los niveles de tensión, la frecuencia, la forma de onda, la distorsión armónica y el  $\cos\phi$ . No cumplir con estos requisitos puede resultar en un mal funcionamiento o daños en los equipos conectados a la red, así como pérdidas indeseadas de energía y una baja eficiencia.

### C.2) Solución

Una manera de monitorear las características de la red a lo largo del tiempo de manera no invasiva (sin tener que interrumpir el suministro eléctrico para realizar una medición) es utilizando un analizador de red. El equipo propuesto permite conocer varios parámetros fundamentales para caracterizar la calidad de la red. Entre ellos encontramos: tensión RMS y pico, corriente RMS y pico, distorsión armónica (THD) y  $\cos\phi$ . Además es capaz de graficar en una pantalla TFT las formas de onda de la tensión, corriente y potencia, tanto en el tiempo como en la frecuencia. Esto permite que cualquier usuario pueda leer directamente los parámetros de la red y que los usuarios más avanzados puedan, a partir de las formas de onda, saber con mayor exactitud el comportamiento de la misma. Como función adicional, incorpora la posibilidad de realizar el guardado de los datos sensados en una tarjeta SD, para poder realizar un post-procesamiento con algún software de cálculo (Por ej.: MatLab u Octave). El equipo se comanda íntegramente con una pantalla táctil de 3.2 pulgadas, brindando una interfaz fácil e intuitiva.

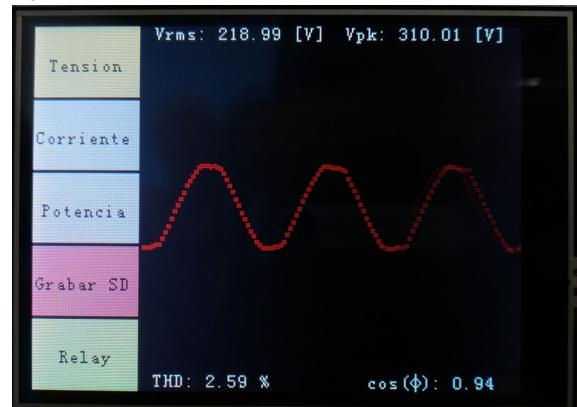


Figura 1. Analizador de red graficando la forma de onda de la red de 220V en el tiempo e informando sus parámetros.

### C.3) Fundamentación teórica del Software

Para realizar el proyecto propuesto se decidió utilizar el sistema operativo FreeRTOS[1], ya que éste brinda la posibilidad de organizar cada una de las rutinas que debe realizar el equipo en tareas, ordenadas por prioridad, garantizando que la adquisición de datos se realice en tiempo real y sin pérdida de información, así como permitir un fácil manejo de datos entre tareas (utilizando mecanismos de sincronización como colas). En cuanto a la adquisición de datos fue necesario controlar el conversor A/D mediante interrupción, ya que para realizar un gráfico con una resolución aceptable en

pantalla es necesario colectar un número de muestras grande (320) con cierta velocidad, manteniendo una frecuencia de muestreo varias veces más alta que la mínima necesaria, para poder observar de manera clara la distorsión armónica presente en la línea.

La explicación de cada tarea, la elección de la frecuencia de muestreo y los cálculos realizados mediante software se detallan en la sección G) Sobre el Hardware.

#### C.4) Fundamentación teórica del Hardware

Para realizar un Analizador de Red es indispensable poseer una manera confiable y precisa de medir la tensión actual de la línea así como la corriente que circula a través de ella. Para ello decidió diseñarse una etapa analógica que convierta la tensión de una red de 220V en valores aceptables para la entrada de un conversor A/D de un microcontrolador. La etapa diseñada permite reducir la tensión pico de la línea ( $\pm 311V$ ) en un rango típico de  $\pm 1V$ , además de agregar una tensión de continua centrada en el medio de los niveles de referencia del conversor, evitando la necesidad de utilizar una fuente partida para medir tensiones negativas. Además, permite ajustar mediante potenciómetros el offset y la ganancia.

En cuanto a la medición de corriente se decidió utilizar el circuito integrado ACS71240[3], cuyo principio de funcionamiento es por efecto Hall, permitiendo medir corrientes muy grandes (de hasta 10A) de manera no invasiva (al no utilizar una resistencia serie shunt el circuito de medición no produce pérdidas innecesarias en la instalación). El CI ACS71240 posee una salida analógica proporcional a la corriente medida, especialmente diseñada para operar con conversores A/D de 3,3V.

Para el cálculo de los parámetros de la red así como la coordinación de los componentes involucrados en el equipo se hace uso de un microcontrolador LPC1769[2] que opera a 112MHz y utiliza sus módulos SSP0, SSP1 y ADC. Los resultados se muestran de manera gráfica en una pantalla TFT de 3.2 pulgadas, táctil, que permite una operación del sistema de manera intuitiva.

#### D) Objetivos

- **Medir la tensión de la red y calcular** los parámetros relacionados con la calidad de la misma: tensión RMS, tensión pico y distorsión armónica de la tensión de línea.
- **Medir la corriente de la red y calcular** los parámetros relacionados con la calidad de la misma: corriente RMS, corriente pico y distorsión armónica de la corriente consumida.
- **Graficar en tiempo real** la forma de onda de:
  - La tensión.
  - La corriente.
  - La potencia.
- **Calcular** el desfasaje entre la tensión de la red y la corriente consumida ( $\cos \varphi$ ).
- **Calcular la potencia consumida en tiempo real.**
- **Almacenar los valores medidos en una tarjeta-SD**

#### E) Alcance

Se pretende medir la tensión de línea con una precisión aceptable para uso doméstico ( $\pm 5V$ ), en un rango desde 180 a 240 V. Se pretende medir la corriente en la línea con una precisión de 50mA, y en un rango de 0 a 10A. El equipo debe ser capaz de mostrar ambas magnitudes en tiempo y en frecuencia, así como también debe reportar la distorsión armónica (con respecto a la frecuencia fundamental de 50 Hz) y la relación angular entre la tensión y la corriente ( $\cos \varphi$ ). Además, deberá mostrar la potencia consumida en tiempo real. Finalmente se pretende proveer al usuario algún método de almacenamiento de datos extraíble para visualizar las mediciones.

#### F) Diagrama en bloques

Los módulos que conforman el equipo se esquematizan en la figura 2, en donde pueden verse las conexiones entre ellos así como los pines correspondientes a cada conexión. Para información más detallada del hardware se recomienda ver la sección G) Sobre el hardware.

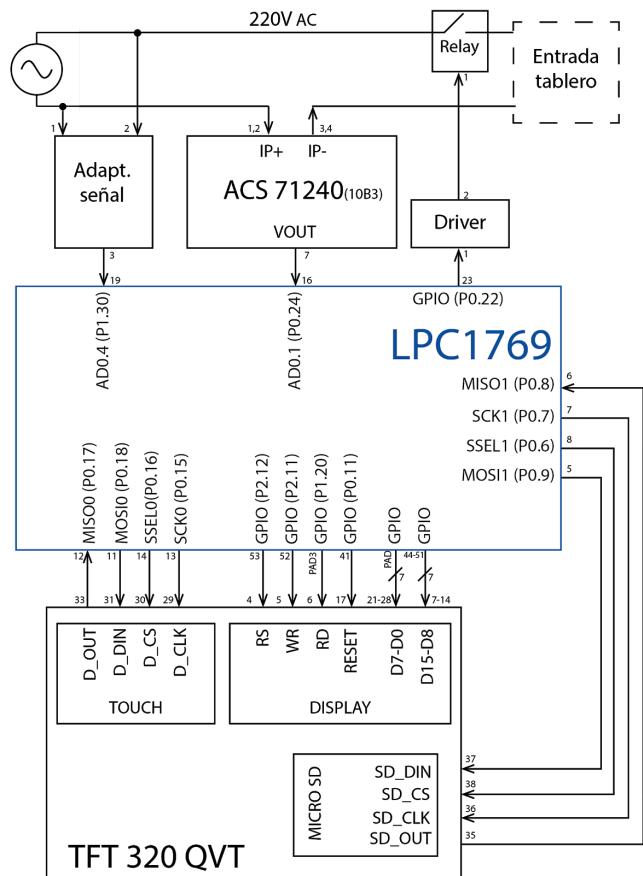


Figura 2. Diagrama en bloques del Analizador de Red

## G) Sobre el Hardware

### G.1) Módulos

A continuación se detallan los módulos utilizados en el proyecto así como sus características más relevantes que influyeron en el desarrollo

#### Stick LPC1769[2]

- Microcontrolador LPC1769 (Cortex M3).
- Tensión de alimentación: 3,3 V.
- ADC de 8 canales y 12 bits incorporado.
- Error máximo de ADC: 4LSB.
- Dos módulos SSP integrados.
- Frecuencia de funcionamiento de hasta 120 MHz.

#### Circuito integrado ACS71240-10B3[3]

- Tensión de alimentación: 3,3V.
- Salida analógica proporcional a corriente AC.
- Salida con corriente cero: 1,65V.
- Bidireccional: permite medir corriente en ambos sentidos.
- Sensibilidad: 132mV/A.
- Corriente máxima: 10A
- Error máximo a fondo de escala: 6%.

#### Adaptador de señal

##### (módulo propio diseñado en PCB)

- Reducción de 220V a 0~3,3V.
- Selección entre tensión aislada por transformador o directamente de la red, a través de divisor resistivo.
- Ganancia ajustable.
- Nivel de continua a la entrada (offset) ajustable.
- Impedancia de salida de la muestra de 220V > 1,5MOhm

#### TFT320 QVT[4]

- Display táctil de 320x240 píxeles.
- Bus de datos paralelo de 16 bits[5].
- Memoria gráfica GRAM de 172,800 bytes-65536 colores.
- Controlador táctil SPI XPT2046[6].
- Incorpora socket de memoria SD con salida SPI.

### G.2) Esquemáticos

El proyecto se constituye de dos placas: la *Placa principal* y la *Placa de interfaz de 220V*. En la placa principal se encuentran todos los módulos que funcionan con tensiones relativamente bajas: el microcontrolador, la pantalla táctil y el circuito de adaptador de señal, entre otros, mientras que en la placa de interfaz de 220V se encuentran los componentes que trabajan con alta tensión como el CI ACS71240, el relay y los fusibles para proteger cada rama de la red. Esto permite aislar ambos dominios, requisito fundamental durante el desarrollo del proyecto, ya que es necesario manipular, medir y ajustar la placa principal sin riesgo de electrocución.

Los esquemáticos que constituyen cada placa se realizaron con Altium Designer v16 y se muestran en el Anexo 2 - Esquemáticos.

### G.3) Diseño físico (PCB)

Ambos diseños (placa principal y placa de interfaz de 220V) se realizaron en circuitos impresos de doble cara, de 1,6mm de espesor y sustrato FR4, con máscara antisoldante y con vías del tipo PTH. Los diseños se mandaron a fabricar a la empresa china JLCPCB[7] debido a que involucra varios componentes del tipo SMD, además de que la posibilidad de tener una máscara antisoldante mejora las condiciones de aislación en la placa de interfaz de alta tensión. Para el diseño se utilizaron trazos mínimos relativamente grandes (0.5mm para el ruteo de señales y 1,5mm para las conexiones de alimentación) de manera tal de que éste sea flexible y pueda ser realizado en procesos de fabricación de circuitos impresos económicos y poco exigentes. Las dos placas se comunican mediante conectores colocados en el borde del circuito impreso. En cuanto a la placa principal, la placa cuenta con cuatro secciones bien definidas: la zona de rectificación (que rectifica y filtra la tensión proveniente del transformador), la zona regulación (que contiene dos reguladores de baja caída (LDO) para generar las tensiones de 3,3V y 5V), el adaptador de señal (etapa analógica para poder digitalizar la señal de 220V reducida con el A/D del uC), y la zona de conexión entre la pantalla TFT y el microcontrolador. La placa principal se muestra en la figura 3.

Por otro lado la placa de interfaz de 220V se puede separar en tres partes, una para el manejo de la rama del vivo, otra para el manejo de la rama del *neutro* y una tercera para la conexión del circuito integrado ACS71240 con sus componentes externos

En el Anexo 3 - *Diseño Físico (PCB)* se muestra el layout de ambas placas así como fotos del diseño fabricado con sus componentes soldados y sin soldar.

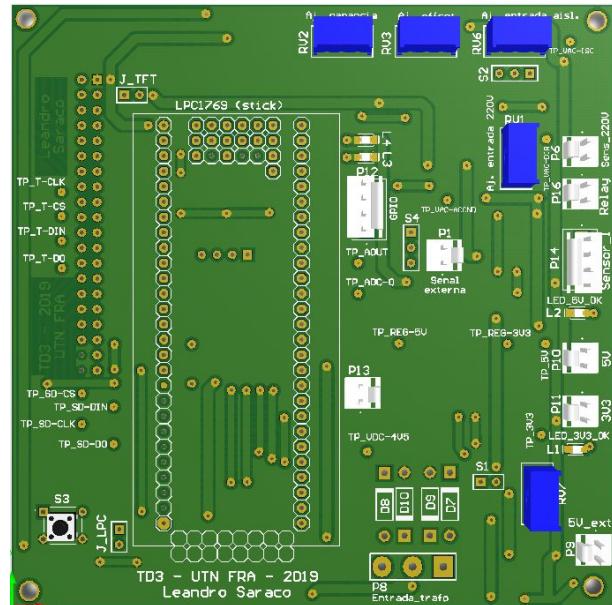


Figura 3. Vista en 3D de la Placa principal realizada mediante Altium Designer v16.

#### G.4) Puntos de prueba

El hardware desarrollado incluye unos *TestPoints* impresos en la cara superior de ambos PCB, formados por una metalización con un pequeño agujero para poder apoyar de manera más cómoda la punta de un osciloscopio. Se nombran mediante un nombre descriptivo luego de las siglas "TP" para localizarlos más rápidamente (Por ejemplo *TP\_REG\_5V* es el testpoint utilizado para medir la salida del regulador de 5V). Para más información ver el Anexo 4 - *Puntos de prueba*.

### H) Sobre el software

#### H.1) Tareas

El software se constituye de seis tareas (y una tarea de inicialización), en la que una tarea central organiza el funcionamiento del sistema, tomando los datos leídos de los periféricos (touch y botón de PCB) de cierto grupo de tareas, realiza una serie de cálculos y toma de decisiones para luego enviar los datos correspondientes a otro grupo de tareas (para producir el gráfico en pantalla de la tensión, corriente o potencia en tiempo real así como para almacenar los datos en la tarjeta SD). El flujo de funcionamiento es el siguiente: La "Tarea Central" recibe un paquete de datos de la interrupción del conversor A/D, que luego de 320 muestras de la tensión y la corriente envía la dirección de ambos vectores de 16 bits mediante una cola. De esta manera el pasaje de datos se realiza por referencia, mediante punteros, reduciendo el tiempo necesario para llenar la cola de datos pero manteniendo la sincronización entre las dos partes del software. Los datos recibidos son procesados y transformados a variables del tipo *float32\_t* para realizar una serie de cálculos (Ver sección H.3) *Cálculos*). Éstos son mostrados en pantalla y refrescados cada cierto intervalo de tiempo, para optimizar el tiempo de ejecución. Además, la "Tarea Central" recibe de las tareas "Tarea Lectura Botón" y "Tarea Menu" el estado del pulsador del PCB y la opción del menú elegida mediante la pantalla táctil, mediante dos colas independientes. Conociendo la opción elegida por el usuario y obteniéndose el paquete con los datos digitalizados, la "Tarea Central" empaqueta los mismos en vectores y se los envía mediante la "Cola\_Graficos\_TFT" a la "Tarea Graficar Pantalla", indicándole qué tipo de gráfico debe realizar, así como también los envía a la "Tarea Memoria SD", informándole si el usuario quiere comenzar la grabación de datos o detener la grabación actual. El flujo se repite cíclicamente y fue desarrollado pensando en que el tiempo necesario para completar el ciclo debe ser menor al tiempo que existe entre recibir un paquete de muestras y el siguiente. Para más información sobre el período entre paquetes de muestras y la elección de la frecuencia de muestreo ver la sección siguiente H.2) *Elección de la frecuencia de muestreo*.

El diagrama de tareas que esquematiza la interacción entre cada una de ellas se encuentra disponible en el Anexo 1 - *Diagrama de Tareas*.

#### H.2) Elección de la frecuencia de muestreo

La elección de la frecuencia de muestreo se basó en tres requisitos:

- Debe ser lo suficientemente alta como para poder detectar al menos diez armónicos de la frecuencia de línea (para cálculo apropiado de THD) y poder visualizar sobrepicos de corriente.
- Debe ser lo relativamente baja para no consumir demasiado tiempo de ejecución del microcontrolador ni sobrecargar la memoria llenado grandes vectores de datos.
- Debe ser múltiplo de la frecuencia de línea, para evitar desfasajes entre bloques de datos.

Tomando estos requisitos en cuenta y sabiendo que la frecuencia de operación del ADC es proporcional a la frecuencia de *clock* del microcontrolador[1], la frecuencia resultante que mejor cumple con estas condiciones es de 1994,3 Hz para cada canal, permitiendo capturar hasta 19 armónicos de la frecuencia de línea, con un período de 0,5 ms por muestra y 160ms por 320 muestras. Nótese que el tamaño de bloques de 320 muestras no es arbitrario, sino que es un número que permite un tiempo suficiente para que el software complete un ciclo completo de operación (obtención de datos, procesado, cálculo y graficado de pantalla).

#### H.3) Cálculos

Para garantizar una operación en tiempo real y realizar cálculos de manera rápida pero manteniendo un alto nivel de precisión se utilizó la librería de procesamiento de señales ARM CMSIS DSP[8], optimizadas para Cortex M3. A partir de ellas es posible realizar una transformada rápida de Fourier, obtener valores máximos, mínimos, medios y RMS mediante funciones optimizadas para Cortex M3 y con la precisión de un número entero flotante de 32 bits (*float32\_t*). El uso de estas funciones demostró ser de alta utilidad durante el desarrollo del proyecto, tanto por su rapidez y confiabilidad como por la reducción de tiempos de desarrollo que se requerirían para desarrollar estas funciones de manera manual.

## I) Conclusiones

El equipo realizado permite medir la tensión de línea con una precisión de 4.5 V, en un rango de 180~480V, la corriente consumida con una precisión de 60 mA y en un rango de 0.2~10A. Además es capaz de graficar la forma de onda de ambas magnitudes, en tiempo y en frecuencia (mediante una transformada rápida de Fourier), a la vez que calcula e informa en pantalla los valores pico y RMS de la tensión y la corriente, así como la distorsión armónica, el  $\cos \phi$ , y la potencia actual, tanto pico como RMS. Adicionalmente permite registrar los datos en una memoria SD para ser visualizados y pos-procesados con herramientas de cálculo más avanzadas, proveyendo un formato amigable que puede ser interpretado fácilmente (archivo de texto plano similar .csv, con columnas delimitadas por un carácter).

Puede concluirse que se cumplió el alcance propuesto en un 95%, ya que se lograron todas las funciones requeridas pero la calidad de la medición de corriente no resultó ser tan precisa como se deseaba (se tiene un error máximo de 60mA cuando se pretendía un error de 50mA, propio del circuito integrado ACS71240).

Como futuras mejoras del proyecto se podría utilizar un microcontrolador Cortex-M4, con unidad de punto flotante, para disminuir los tiempos de cálculo y realizar operaciones matemáticas más avanzadas. Por otro lado, ya que ahora se posee un prototipo funcional, podría rediseñarse la placa de manera de integrar tanto el circuito de adaptación y de comando de 220V con el circuito principal del microcontrolador, con menor riesgo, reduciendo los costos del producto final. Finalmente se podría reemplazar la pantalla táctil actual (resistiva) por una pantalla capacitiva, mejorando la experiencia del usuario al comandar el equipo.

## J) Referencias

[1] FreeRTOS

<https://www.freertos.org/>

[2] LPC1769:

[https://www.nxp.com/products/processors-and-microcontrollers/arm-based-processors-and-mcus/general-purpose-mcus/lpc170\\_0-cortex-m3/512kb-flash-64kb-sram-ethernet-usb-lqfp100-package/LPC1769FBD100](https://www.nxp.com/products/processors-and-microcontrollers/arm-based-processors-and-mcus/general-purpose-mcus/lpc170_0-cortex-m3/512kb-flash-64kb-sram-ethernet-usb-lqfp100-package/LPC1769FBD100)

[3] Hoja de datos del circuito integrado ACS71240:

<https://www.allegromicro.com/-/media/Files/Datasheets/ACS71240-Data-Sheet.ashx>

[4] Hoja de datos de display TFT320QVT:

<http://www.datasheet.es/PDF/746663/S95160-pdf.html>

[5] Controlador display TFT ILI9341:

<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/ILI9341.pdf>

[6] Controlador táctil XPT2046

<https://www.buydisplay.com/download/ic/XPT2046.pdf>

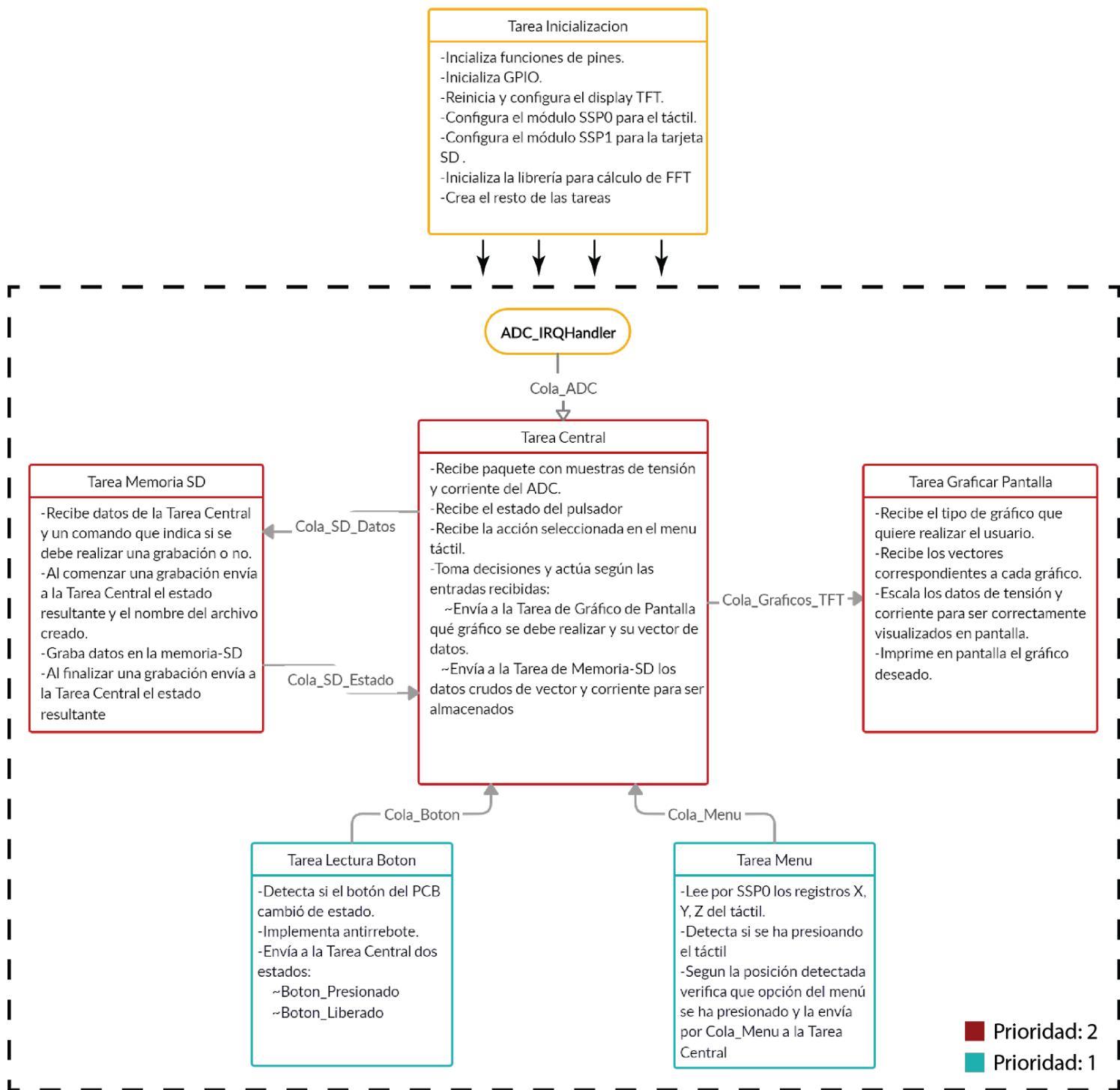
[7] JLCPBCB

<https://jlpcb.com/>

[8] Librería de procesamiento de señales ARM CMSIS

<http://www.keil.com/pack/doc/CMSIS/DSP/html/index.html>

## Anexo 1 - Diagrama de Tareas

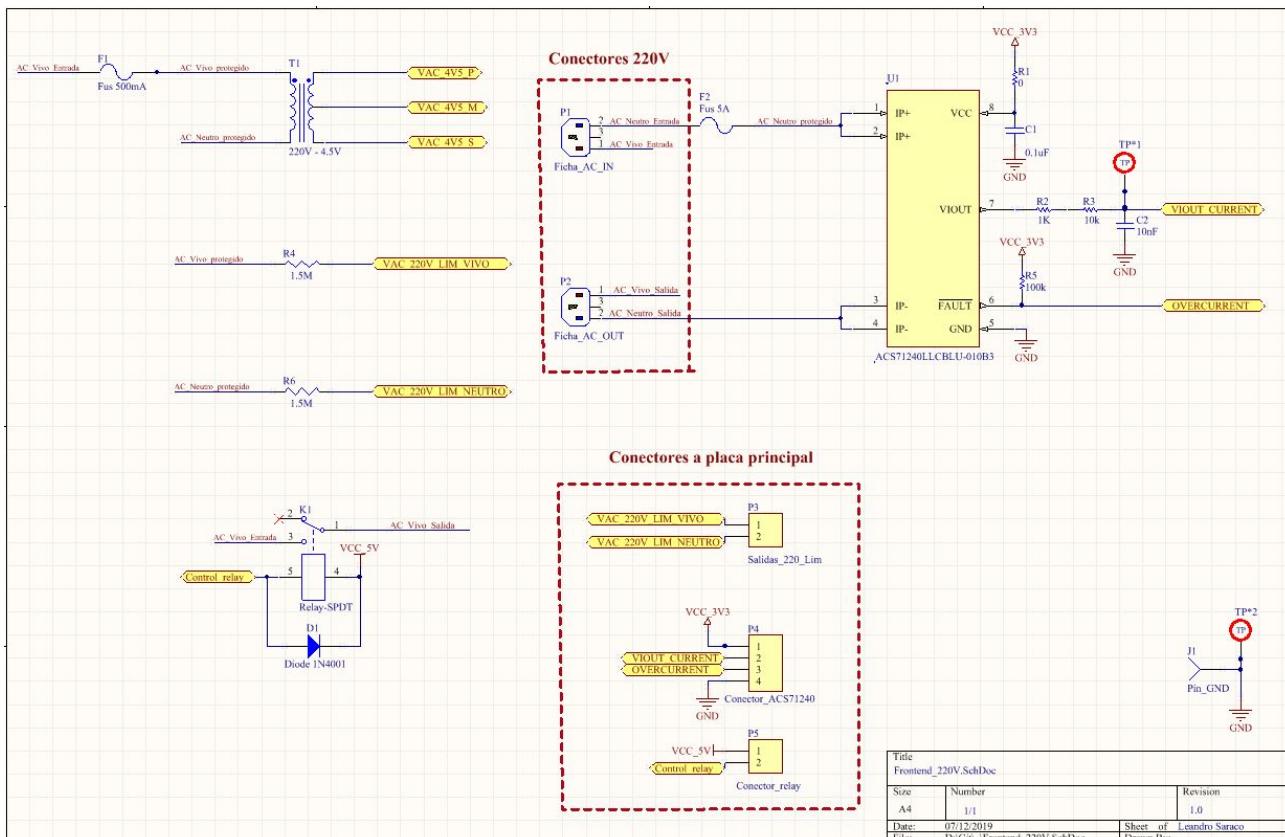


## Anexo 2.a - Esquemáticos - Placa de interfaz de 220V

A continuación se muestra una imagen del esquemático de la placa de interfaz de 220V. Para ver el esquemático con mayor detalle y definición se recomienda visualizar los archivos:

[Anexos/PCB/Esquemáticos\\_Placa220V.pdf](#)

[Anexos/PCB/Placa220V\\_Altium/AnalizadorDeRed\\_Placa220V.PrjPcb](#) (Requiere Altium Designer V16)



## Anexo 2.b - Esquemáticos - Placa Principal

A continuación se muestran imágenes de los esquemáticos que constituyen la Placa Principal. Éstos son

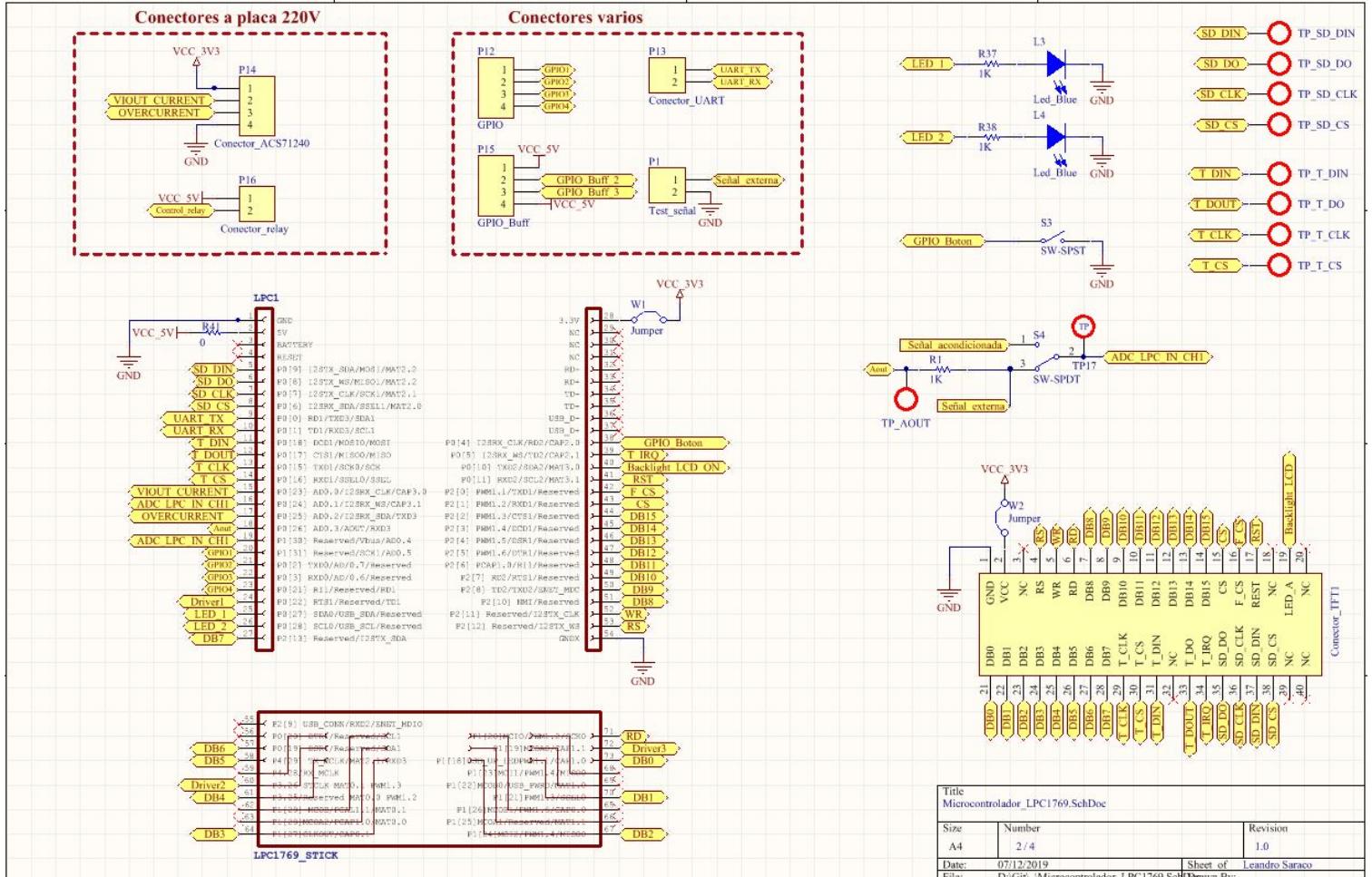
- **Microcontrolador\_LPC1769.SchDoc:** Contiene las conexiones del stick LPC1769 con el resto de los módulos, así como los conectores de entrada/salida relacionados al microcontrolador que se comunican con la placa de interfaz de 220V.
- **Acondicionamiento\_señal.SchDoc:** Contiene las dos entradas posibles de la red de 220V (directa con divisor resistivo o aislada por transformador) así como el adaptador de señal diseñado con sus elementos de ajuste.
- **Reguladores.SchDoc:** Esquematiza los reguladores utilizados y sus conexiones para convertir la tensión de salida del transformador en las tensiones necesarias de operación (5V, para el acondicionamiento de señal y 3,3V para el microcontrolador, pantalla TFT y el CI ACS71240). Incluye además el circuito de rectificación.
- **Drivers.SchDoc:** Incluye el circuito del driver para manejar el *backlight* de la pantalla TFT, el circuito del driver para manejar el relay de la placa de 220V y dos drivers adicionales para expansiones futuras.

Para ver el esquemático con mayor detalle y definición se recomienda visualizar los archivos:

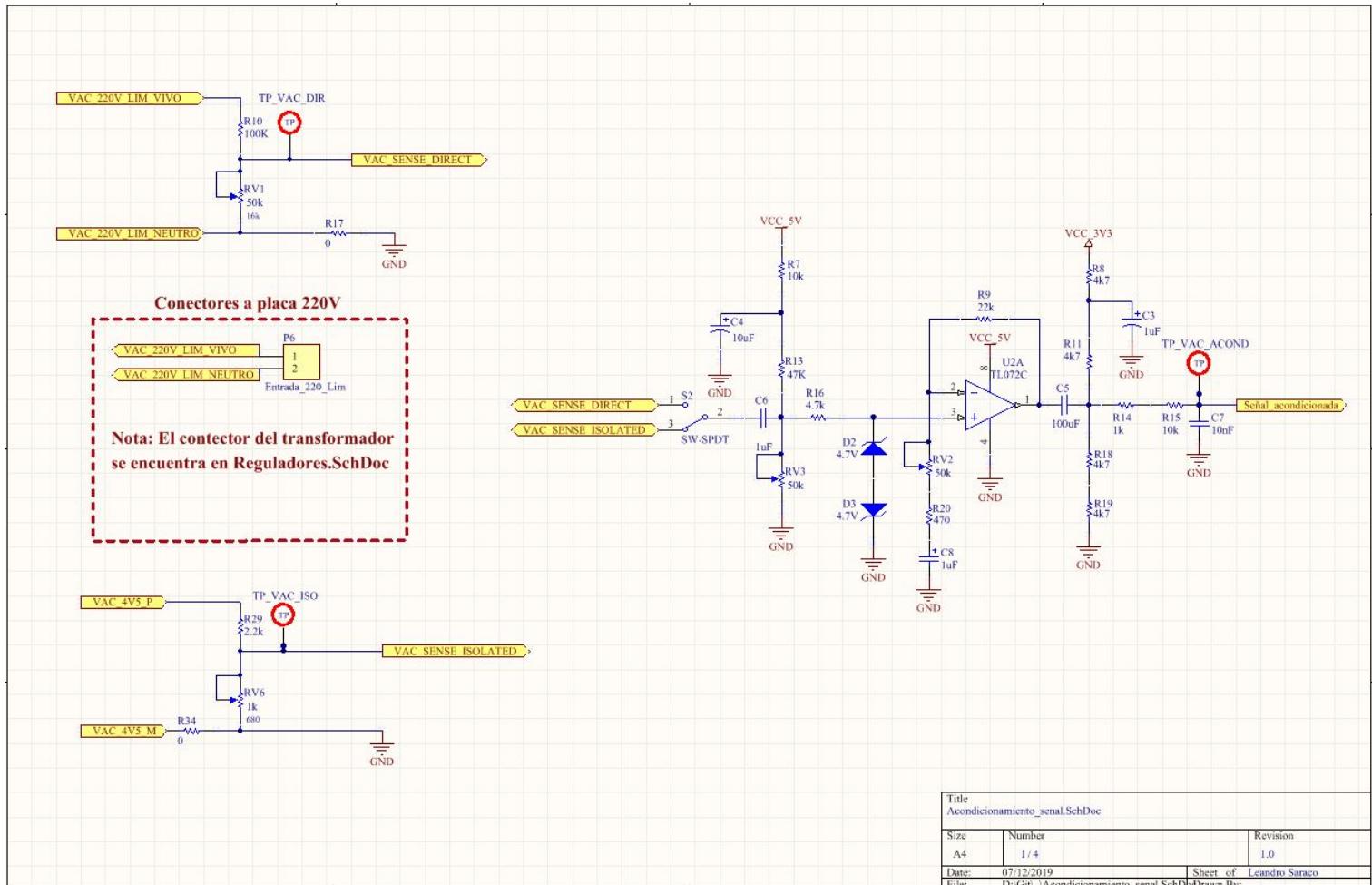
[Anexos/PCB/Esquematicos\\_PlacaPrincipal.pdf](#)

[Anexos/PCB/Placa\\_Principal\\_Altium/AnalizadorDeRed\\_PlacaPrincipal.PrjPcb](#) (Requiere Altium Designer V16)

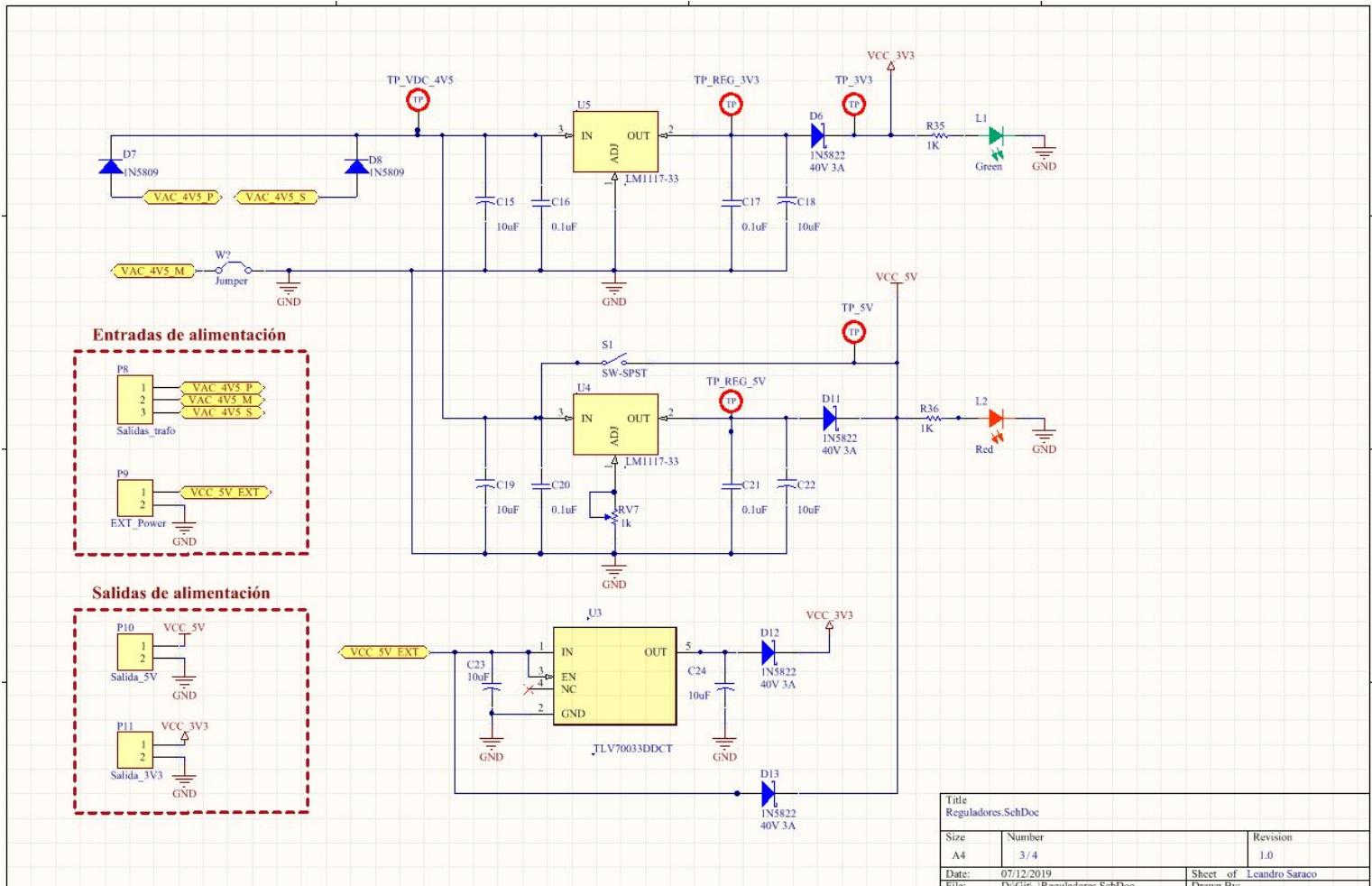
**Anexo 2.b - Esquemáticos - Placa Principal - Microcontrolador LPC1769.SchDoc**



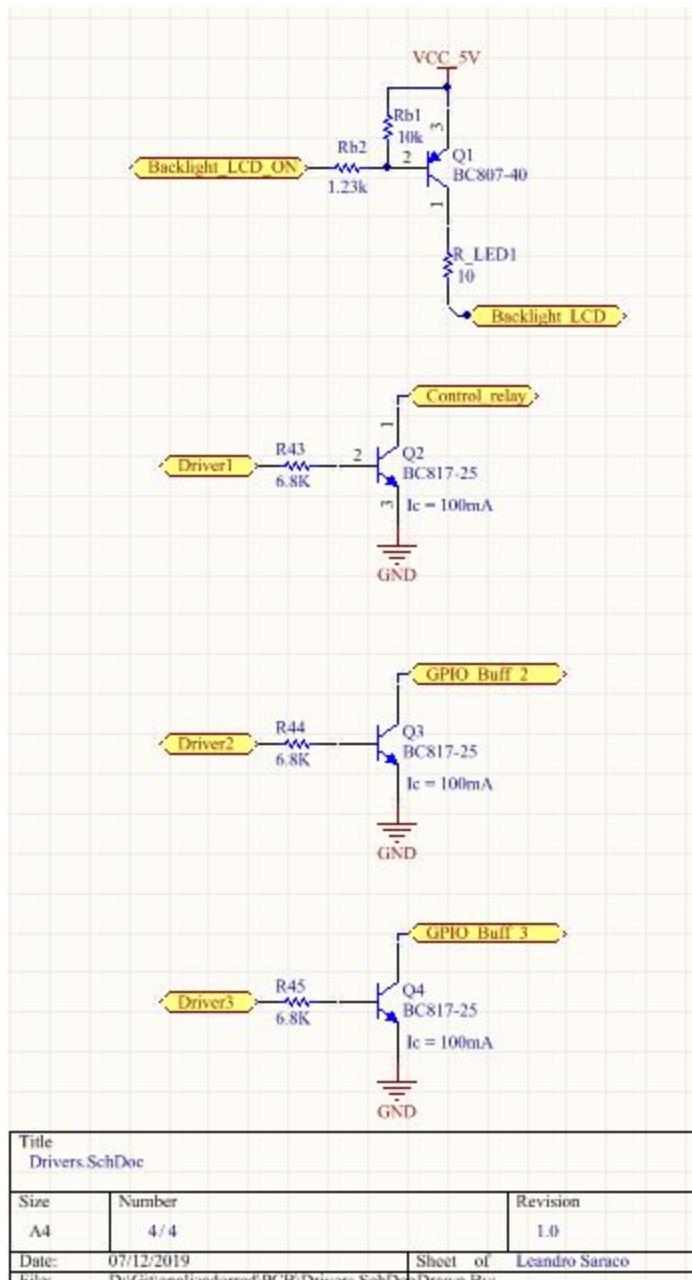
Anexo 2.b - Esquemáticos - Placa Principal - Acondicionamiento\_señal.SchDoc



## Anexo 2.b - Esquemáticos - Placa Principal - Reguladores.SchDoc



## Anexo 2.b - Esquemáticos - Placa Principal - Drivers.SchDoc



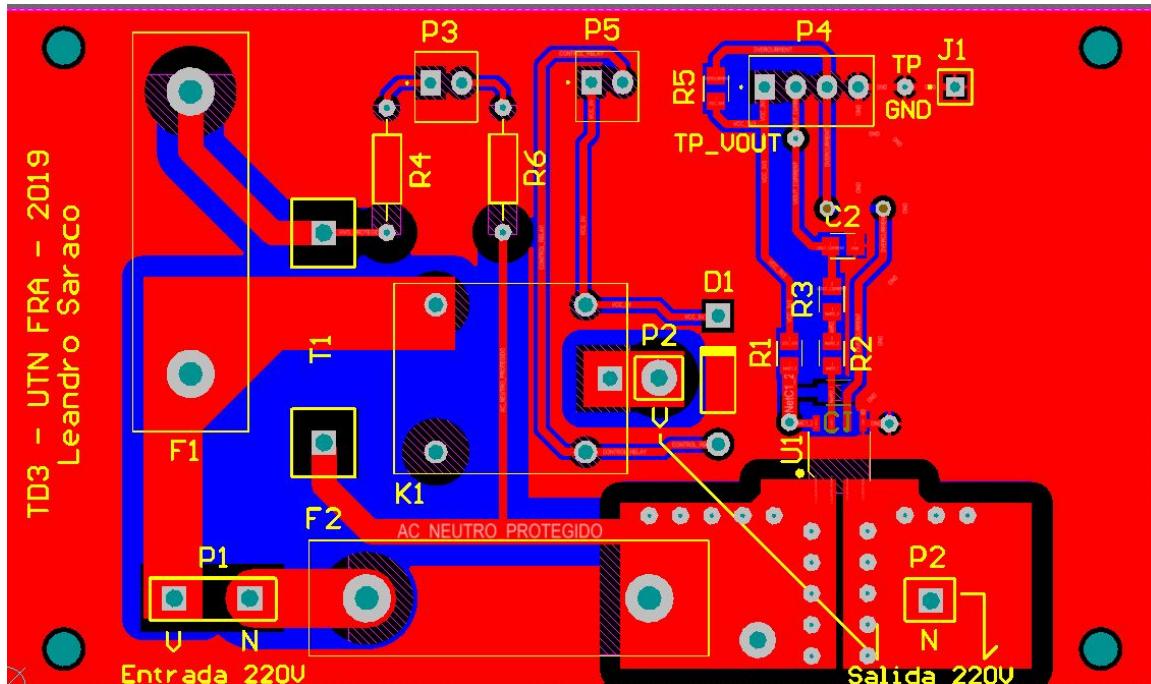
### Anexo 3 - Diseño físico (PCB) - Placa\_220V.PcbDoc

Para ver el PCB con mayor detalle y definición se recomienda visualizar los archivos:

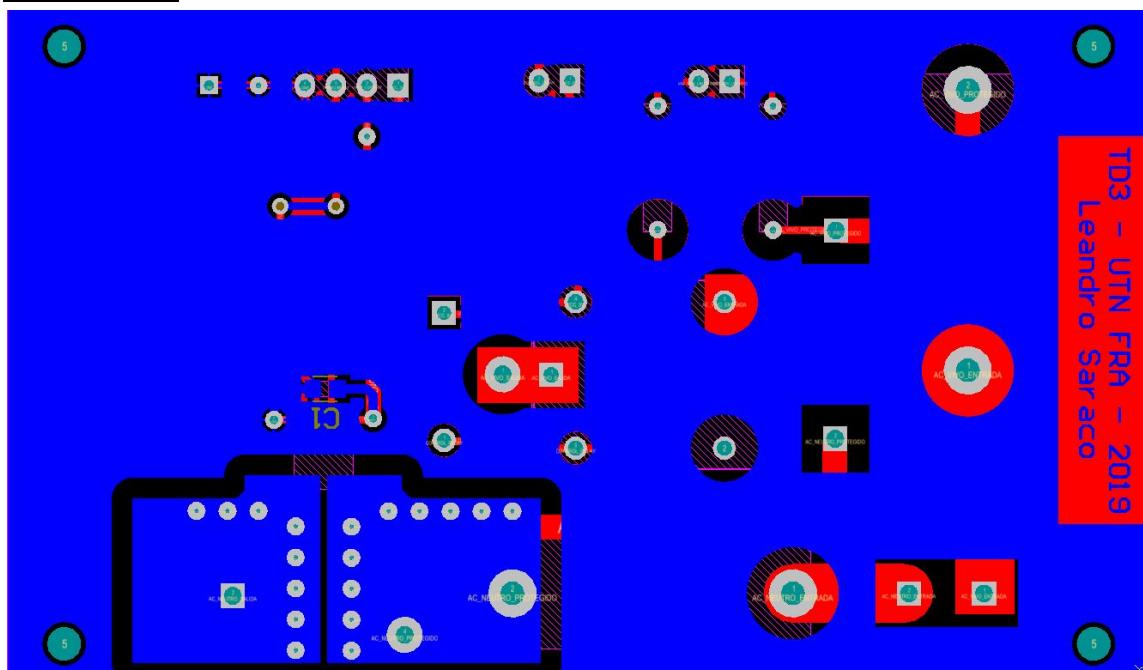
Anexos/PCB/PCB\_Placa\_220Vl.pdf

Anexos/PCB/Placa\_Principal\_Altium/Placa\_220V.PcbDoc (Requiere Altium Designer V16)

Vista superior:

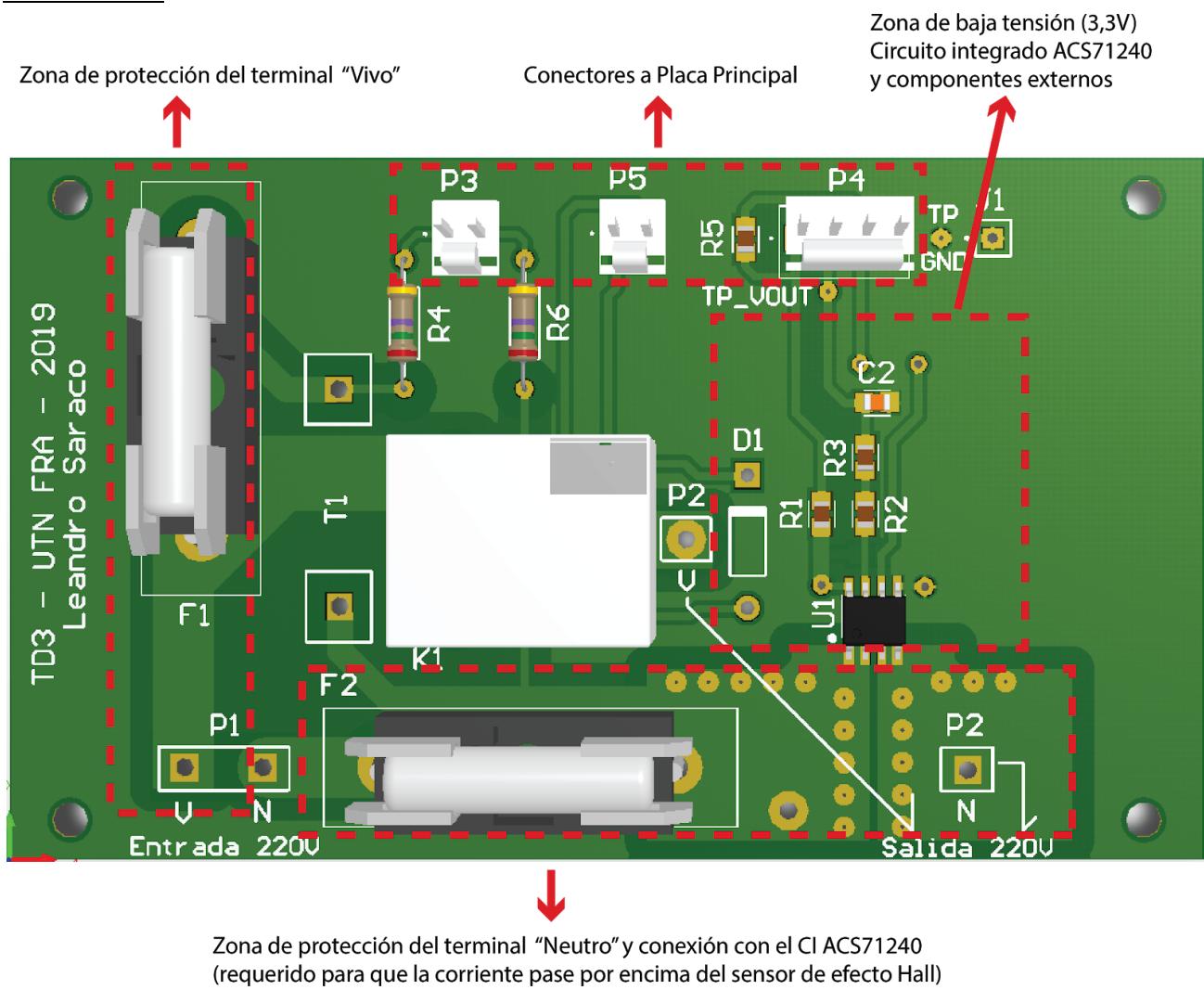


Vista inferior



Anexo 3 - Diseño físico (PCB) - Placa\_220V.PcbDoc

Vista en 3D:



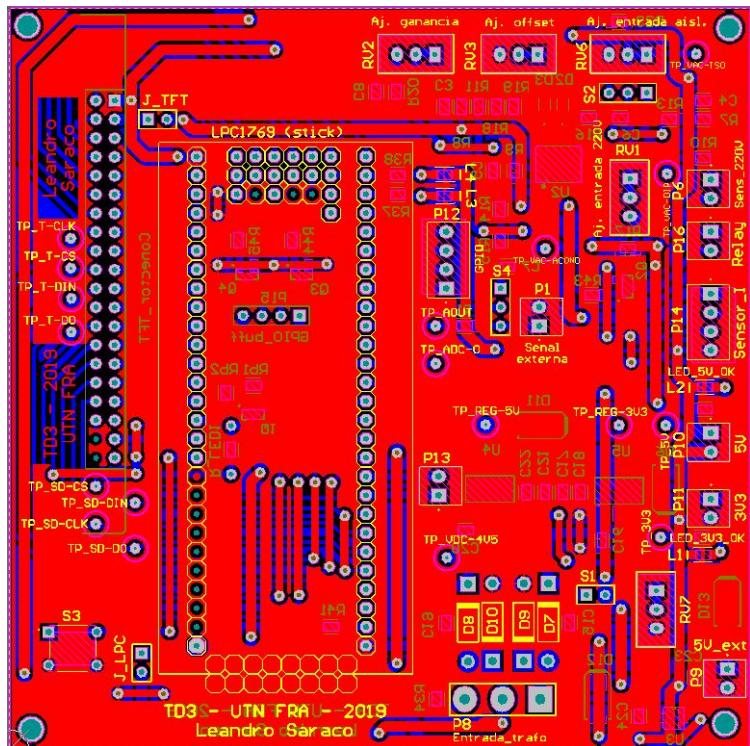
### Anexo 3 - Diseño físico (PCB) - Placa\_principal.PcbDoc

Para ver el PCB con mayor detalle y definición se recomienda visualizar los archivos:

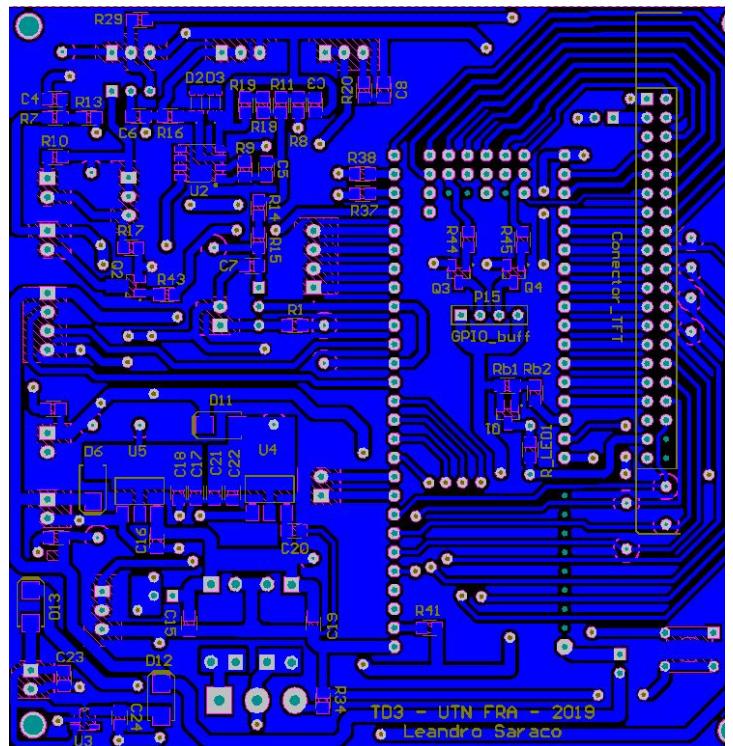
[Anexos/PCB/PCB\\_PlacaPrincipal.pdf](#)

[Anexos/PCB/Placa\\_Principal\\_Altium/Placa\\_principal.PcbDoc](#) (Requiere Altium Designer V16)

Vista superior:

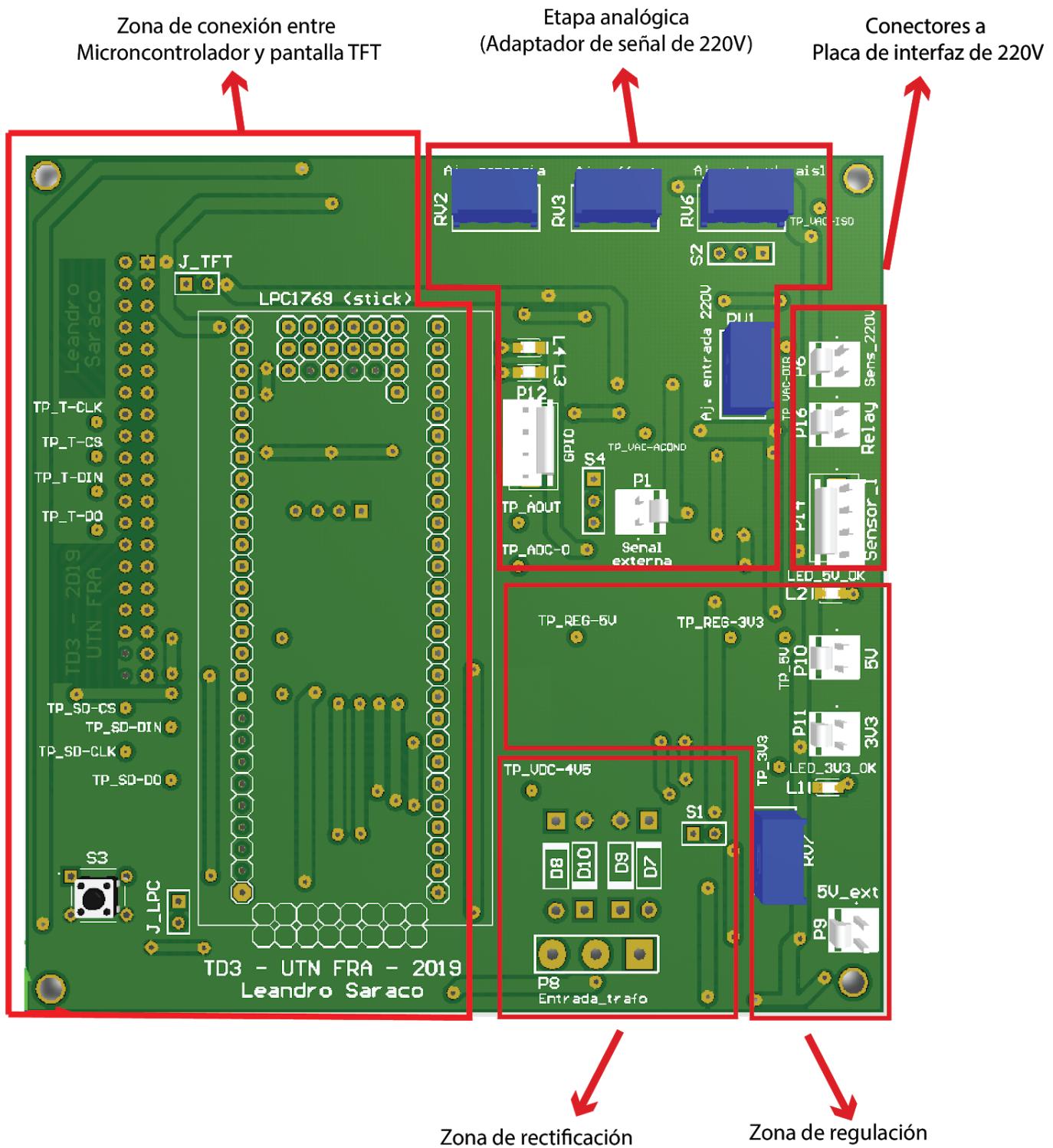


Vista inferior:



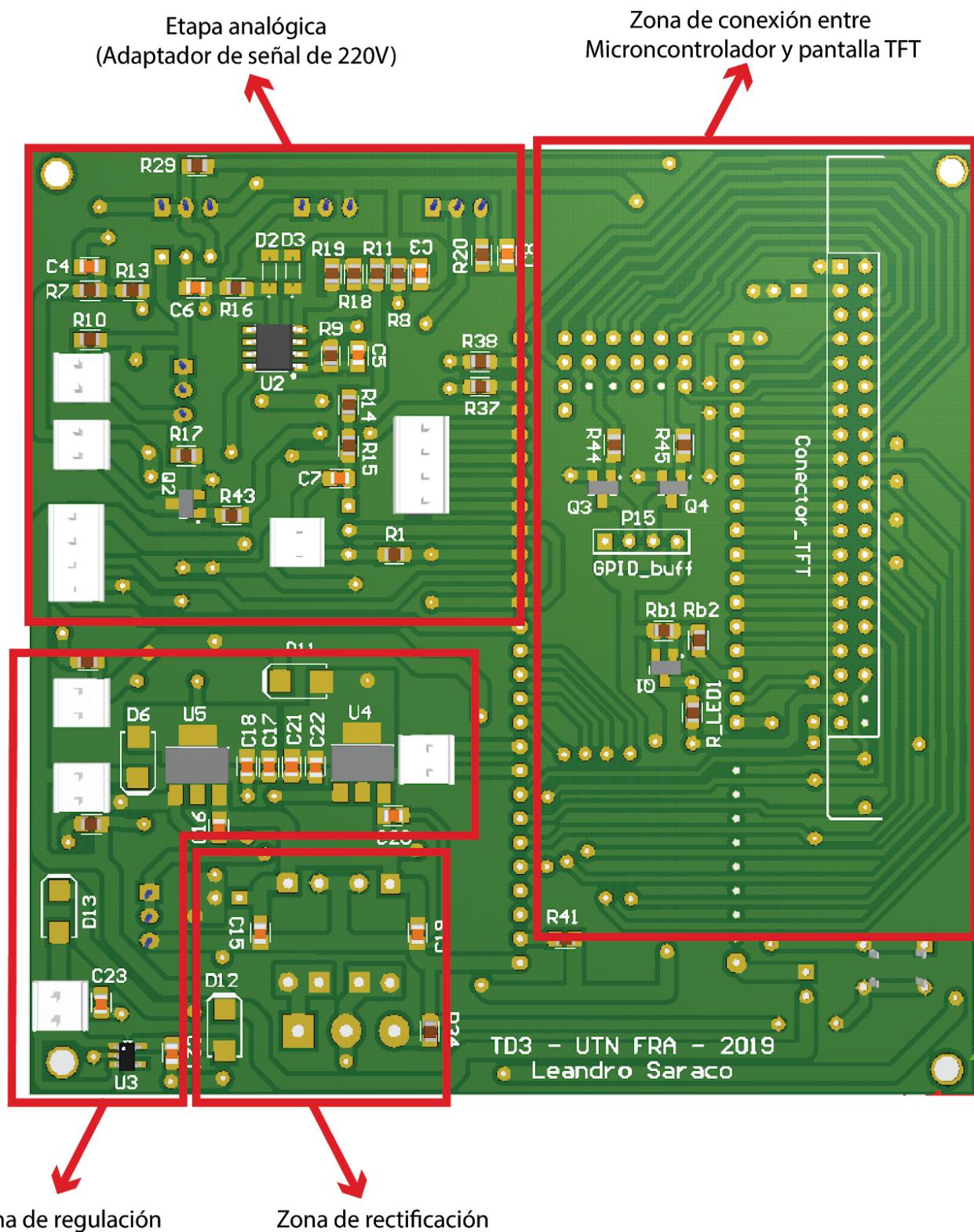
### Anexo 3 - Diseño físico (PCB) - Placa\_principal.PcbDoc

Vista superior en 3D:

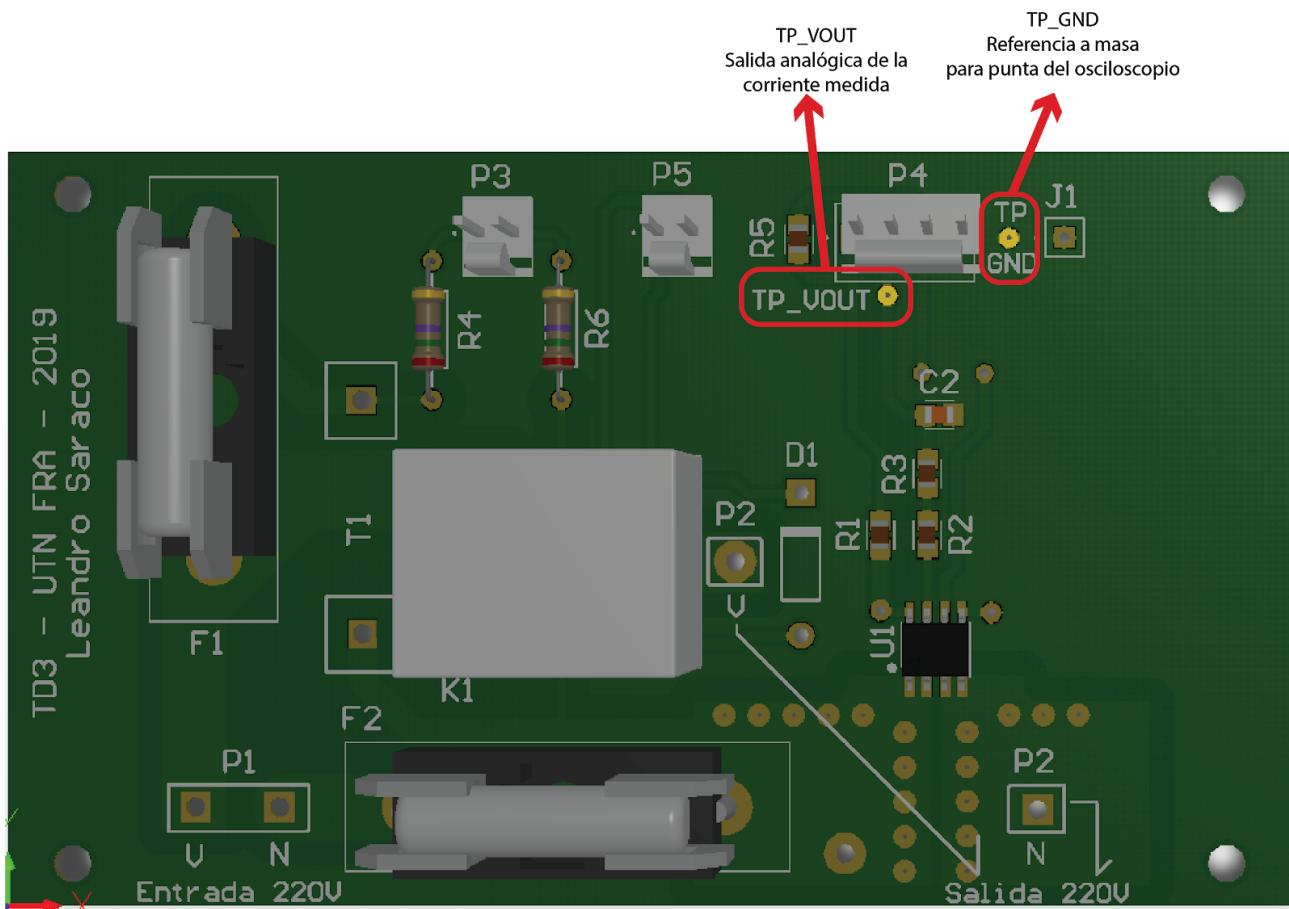


### Anexo 3 - Diseño físico (PCB) - Placa\_principal.PcbDoc

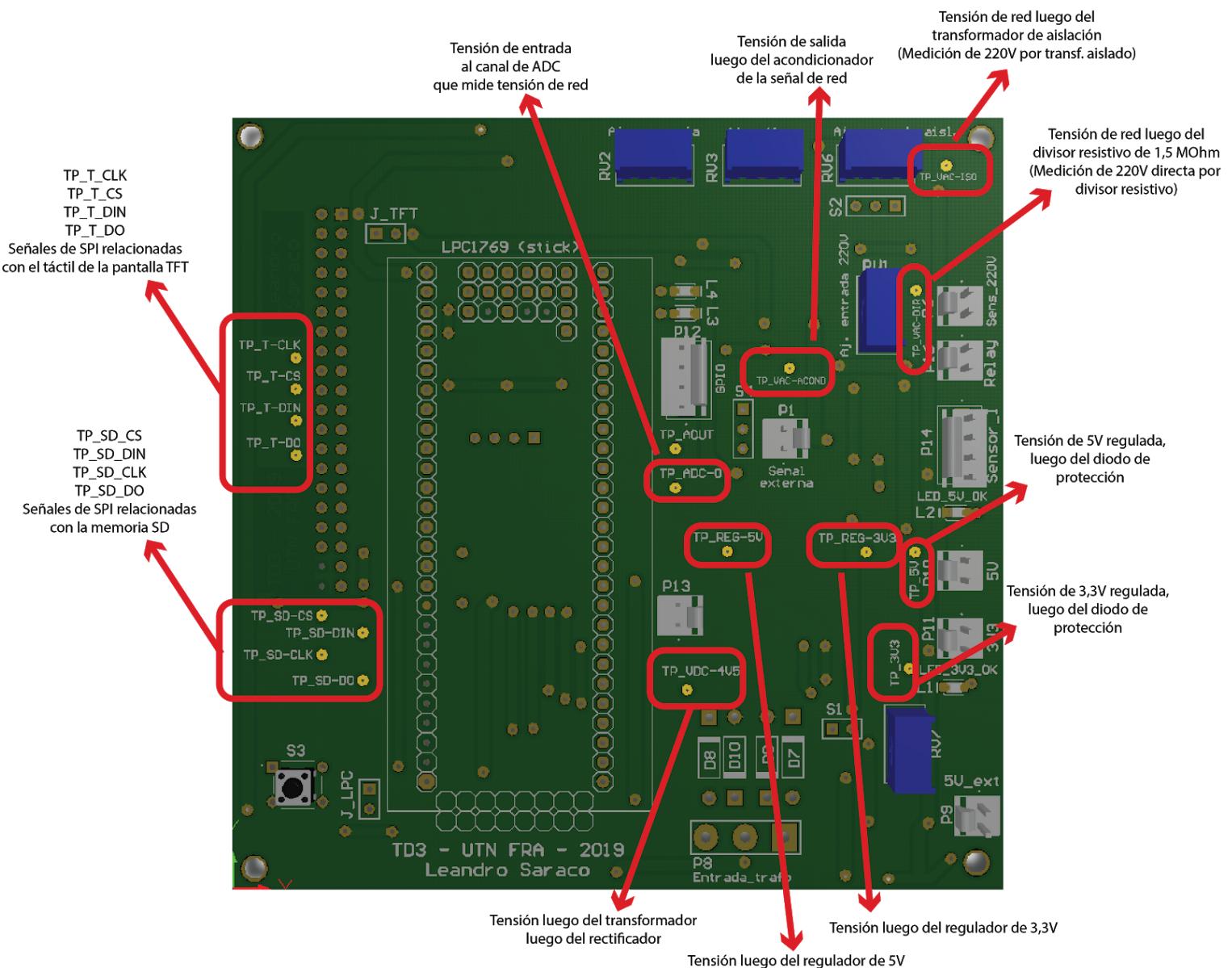
Vista inferior en 3D:



## Anexo 4.a - Puntos de prueba - Placa de interfaz de 220V



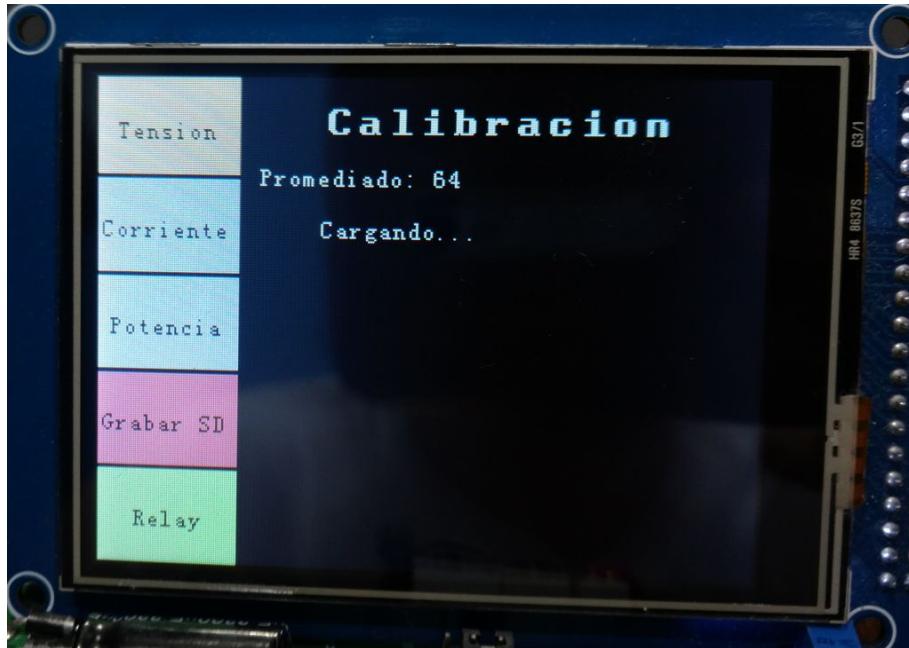
## Anexo 4.b - Puntos de prueba - Placa principal



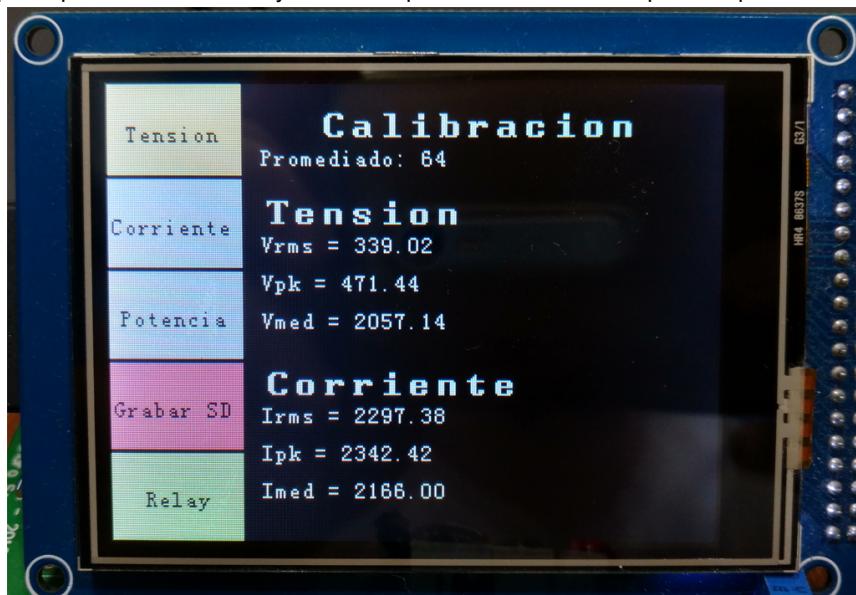
## Anexo 5 - Calibración

En este apartado se explica cómo realizar la calibración del equipo con respecto a un voltímetro patrón. Para ello siga los siguientes pasos:

1. Oprima el botón de la Placa Principal por aproximadamente dos segundos. Verá la siguiente pantalla:

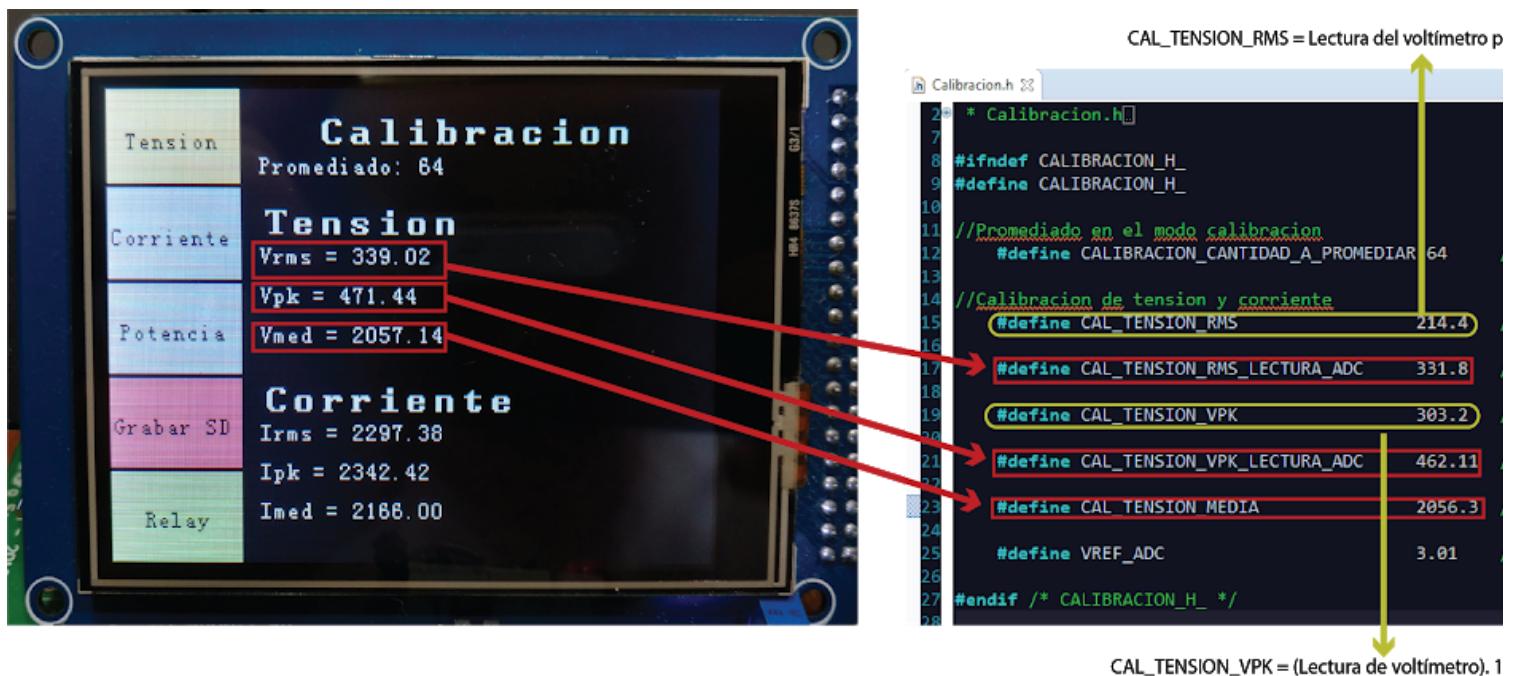


2. Espere a que el promediado finalice y verá en la pantalla los valores requeridos para la calibración:



3. Tome nota de estos valores. Ahora, coloque el voltímetro patrón en modo "AC" y mida la tensión de línea. Recuerde que para que la calibración sea válida, el dispositivo patrón debe ser capaz de medir el valor RMS.

4. Introduzca el valor medido en el archivo *Calibración.h*, como se muestra a continuación:

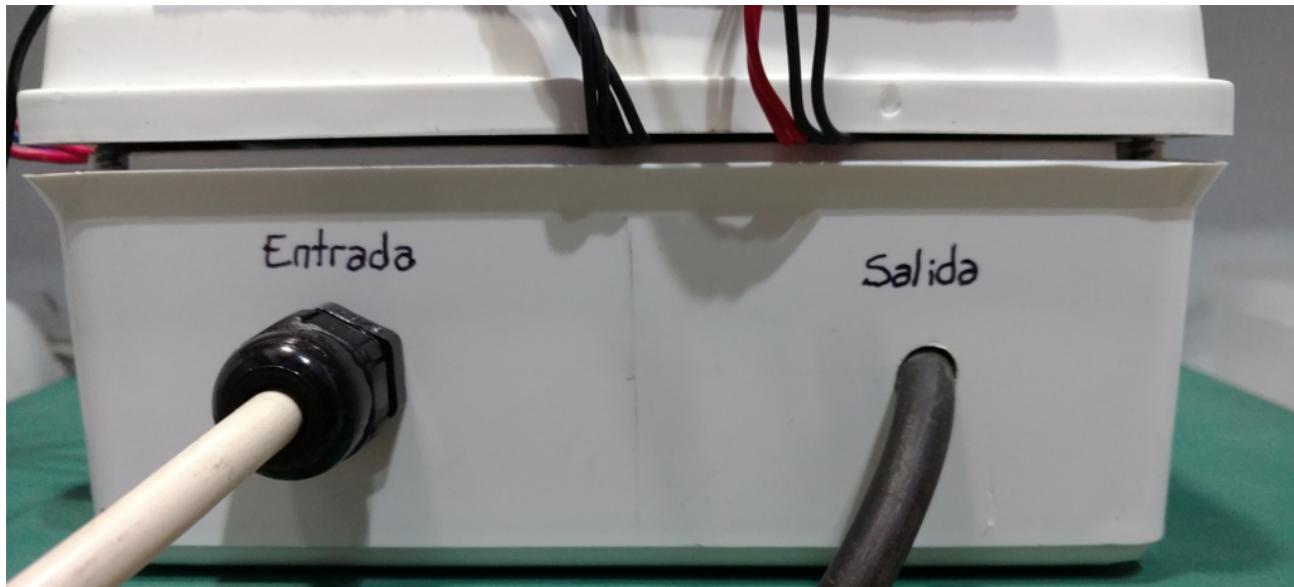
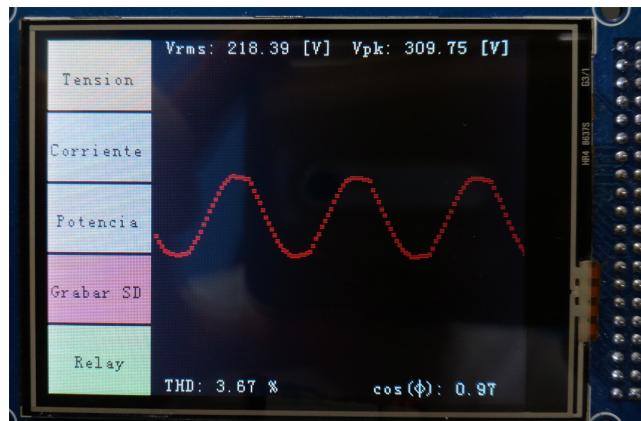


## Anexo 6 - Guía de uso

### 6.1 Instalación:

**NOTA:** La instalación del equipo debe realizarse luego del interruptor termomagnético de su instalación eléctrica.

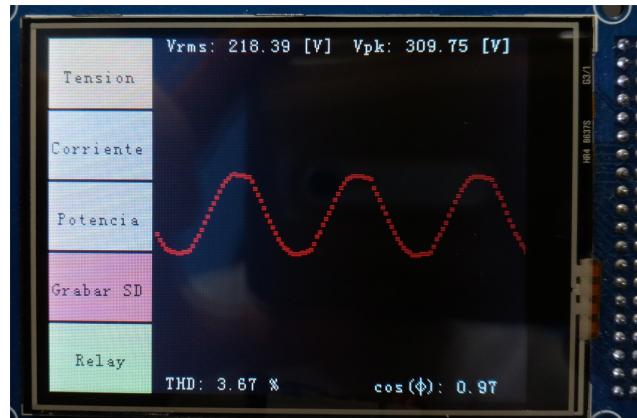
- Para instalar el equipo en la red, corte el suministro eléctrico mediante el interruptor termomagnético de su instalación domiciliaria.
- Luego, conecte los terminales del cable de entrada del equipo (cable blanco, ver figura siguiente) a los terminales de su red domiciliaria.
- Conecte en la salida del equipo los terminales de la rama de su red domiciliaria que quiera monitorear mediante el Analizador de Red.
- Reanude el suministro eléctrico mediante el interruptor termomagnético. Verá que el equipo se enciende automáticamente y muestra la siguiente pantalla:



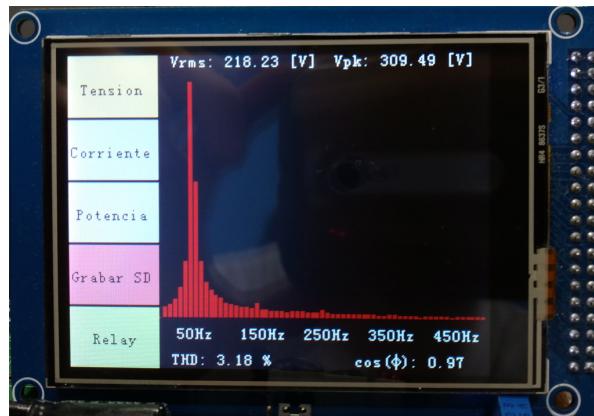
## 6.2 Uso

### 6.2.1. Medición de tensión

Para visualizar la forma de onda de la tensión de su red, oprima en el botón “Tensión”, en la esquina superior izquierda de la pantalla. Verá, además de la forma de onda, los valores que caracterizan la tensión de la red: Tensión RMS (Vrms), Tensión pico (Vpk), Distorsión Armónica de la Tensión (THD) y  $\cos(\phi)$

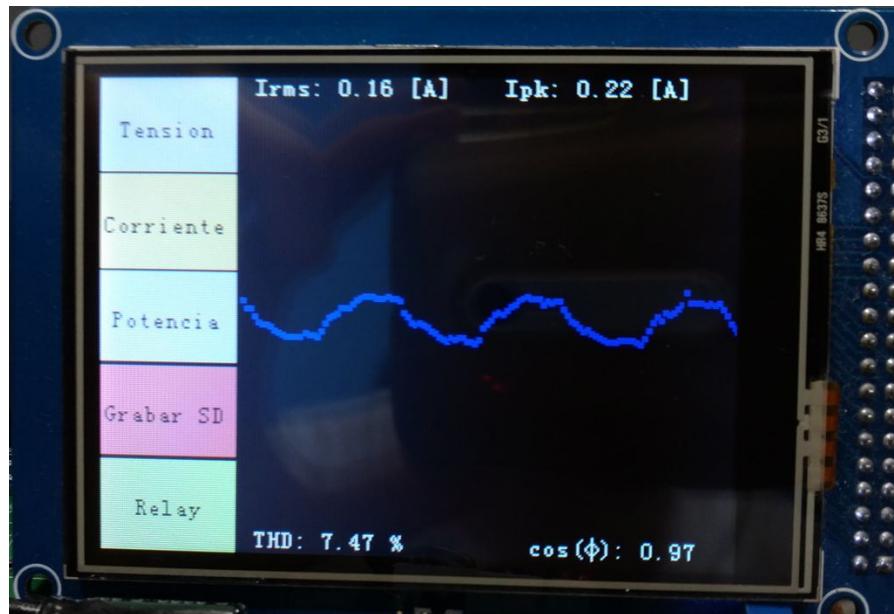


Para ver el espectro en frecuencia de la tensión de red, presione en cualquier parte del gráfico. Verá la pantalla que se muestra en la imagen a continuación. Este modo es útil para visualizar la distorsión armónica. Puede volver al modo anterior presionando nuevamente sobre el gráfico.

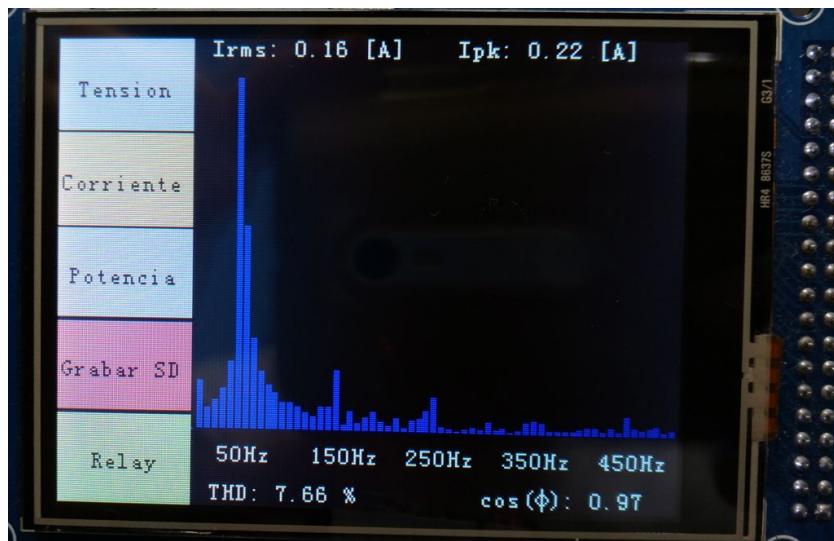


### **6.2.2. Medición de corriente**

Para visualizar la forma de onda de la corriente que está circulando actualmente por la red, oprima en el botón “Corriente”, en la izquierda de la pantalla. Verá, además de la forma de onda, los valores que caracterizan la corriente de la red: Consumo de corriente RMS (Irms), Corriente Pico (Ipk), Distorsión Armónica de la corriente (THD) y  $\cos(\phi)$ :

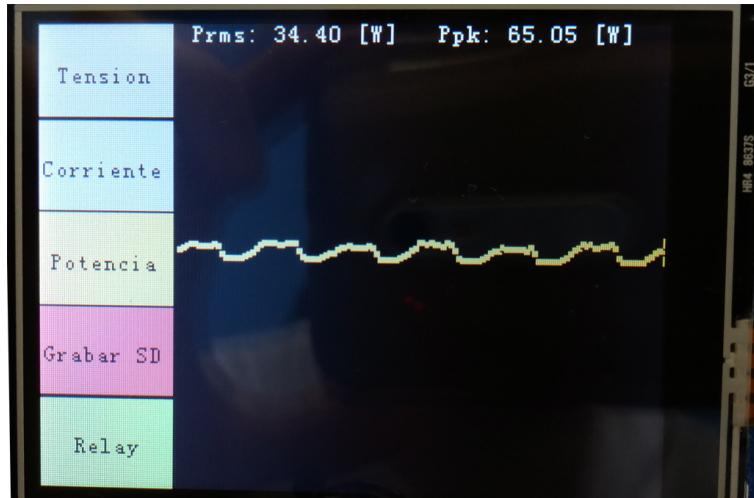


Para ver el espectro en frecuencia de la corriente de red, presione en cualquier parte del gráfico. Verá la pantalla que se muestra en la imagen a continuación. Este modo es útil para visualizar la distorsión armónica. Puede volver al modo anterior presionando nuevamente sobre el gráfico.



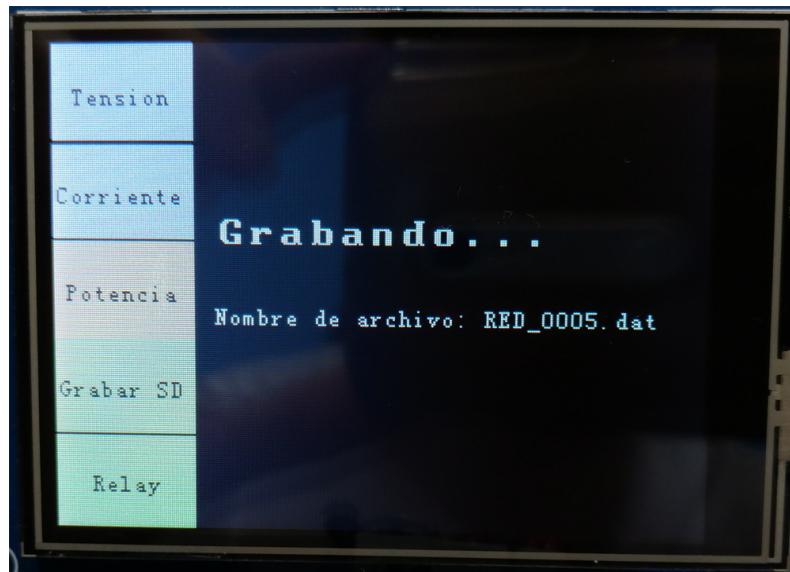
### **6.2.3. Medición de Potencia**

Para visualizar la forma de onda de la potencia que se está consumiendo de la red, oprima en el botón “Potencia”, en la izquierda de la pantalla. Verá el siguiente gráfico y los valores que caracterizan la potencia consumida en tiempo real:

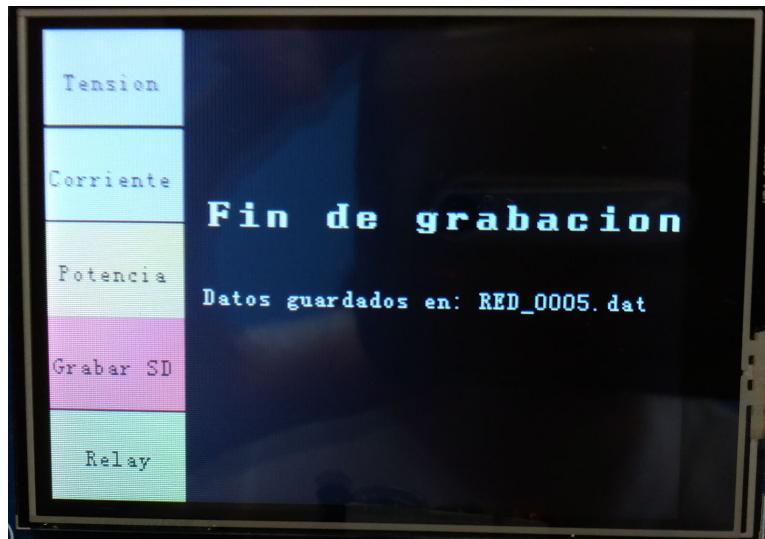


### **6.2.4. Grabación de datos en tarjeta SD**

Presione en el botón “Grabar SD” en el menú de la izquierda de la pantalla para comenzar una grabación en la tarjeta de memoria. El botón “Grabar SD” se pondrá en color verde y verá la siguiente pantalla, donde se informa el nombre de archivo asignado para la grabación actual.



Para detener la grabación, presione nuevamente en el botón “Grabar SD”. Verá la siguiente pantalla, en donde se le recuerda el nombre del archivo en donde se ha realizado la grabación de datos.



Los datos son guardados en un archivo delimitados por el carácter “Tabulador” (\t) y podrán ser visualizados por cualquier programa de cálculo (Matlab, Octave, Excel, etc).

