

## **|PROTOTIPO DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA POR MEDIO DE RADIOFRECUENCIA EN EL CUERPO HUMANO**

Antonio Arévalo Mogollón, Miguel Ángel Salgado Ruiz, Marzo 2016,  
E-mail – [antonio8910@gmail.com](mailto:antonio8910@gmail.com), [miguelsalgado@ingenieros.com](mailto:miguelsalgado@ingenieros.com),  
Calle 152 B # 58 C 50, Carrera 40 C # 2B 64

### **Resumen.**

Actualmente en la sociedad, la estética ha cobrado importancia debido a la necesidad de mejorar el aspecto y la salud mediante la realización de diversos tratamientos estéticos. Muchos de ellos han tomado fuerza en la estética facial y corporal como es el caso de la radiofrecuencia. Estos procedimientos son ejecutados con equipos que no garantizan los mejores resultados ni la disminución de eventos adversos, ya que los tratamientos no poseen un sistema de transmisión adecuado al paciente ya sea por causa de mala manipulación o por no contar con un sistema de sintonización adecuado de la señal a transmitir. Consecuencias como: irritación - ardor y quemaduras por deformación en la señal de RFI pueden llegar a alterar al paciente.

Debido a esta necesidad se plantea realizar un equipo que supere estas deficiencias, realizando un prototipo desde el diseño electrónico hasta un producto final. Siendo económicamente competentes con respecto a los dispositivos que existen en el mercado Colombiano.

La empresa COMPAÑÍA INDUSTRIAL PHOENIX ELECTROMEDICINAL LTDA propuso realizar una pasantía donde se planteo algunas alternativas de soluciones para el desarrollo del prototipo de transmisión de energía por medio de radiofrecuencia en el cuerpo humano.

**Abstrac.** Currently in society, aesthetics has become important because of the need to improve their appearance and health by conducting various beauty treatments. Many treatments that have taken hold in the face and body as it is radiofrequency are currently performed with equipment that does not guarantee the best results and the reduction of adverse events, because these treatments do not have a transmission system suited to the patient either due to mishandling or failure to have a proper system tuning the signal to be transmitted

Consequent of not having a system of transmission of the appropriate signal in the equipment, cause problems such as irritation - burning and burns deformation signal.

Because of this need it arises to make a team that overcomes these shortcomings, making a prototype from the part of electronic design to a final product, being comfortable and economically competent with regard to those existing in the Colombian market.

The company PHOENIX COMPANY INDUSTRIAL LTDA ELECTROMEDICINAL proposed an internship where some alternative solutions for the development of the prototype power transmission via radio frequency in the human body was raised.

**Palabras clave.** (Amplificación, Sensado, Radiofrecuencia, sintonización, Touch Screen).

## 1. Introducción

En este artículo se encuentran planteados todos los procedimientos y las alternativas de soluciones llevados a cabo para la elaboración del prototipo de transmisión de energía por medio de radiofrecuencia en el cuerpo humano. Donde se realizaron pruebas de diseño de diferentes circuitos electrónicos (amplificador True, amplificador tótem-Pole, sintonización, comunicación sistema táctil - sistema de control, touch screen, generador de onda) en el marco de la pasantía con la compañía PHOENIX EM.

## 2. Modelo Teórico

En el diagrama de bloques expuestos en la figura N° 1, se visualiza de forma grafica el funcionamiento del prototipo para la COMPAÑÍA INDUSTRIAL PHOENIX ELECTROMEDICINAL LTDA. Lo bloques correspondientes a interfaz de usuario, procesador y transmisión son los puntos de acción en el cual se enfatizó la realización de la pasantía con mayor fuerza, ya que son puntos primordiales para lograr el cumplimiento de las metas.

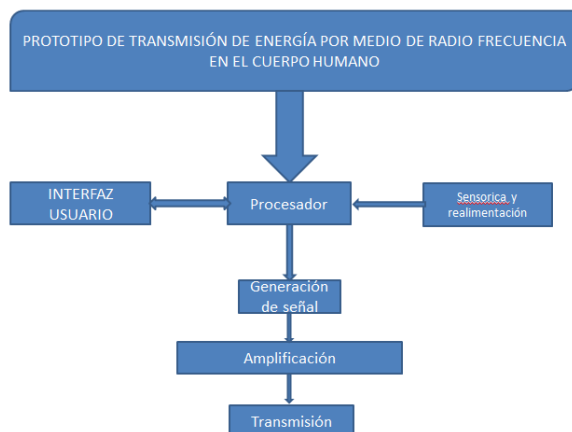


Figura N° 1. (Diagrama de bloques del prototipo de transmisión de energía por medio de radiofrecuencia en el cuerpo humano).

**Radiofrecuencia.** Son ondas electromagnéticas comprendidas en un rango de frecuencia de 3 a 300 GHz. Estas ondas crean un campo eléctrico que atrae a los dipolos de agua de las moléculas de nuestro cuerpo, primero en un sentido y luego en el otro. La frecuencia determina la velocidad en la que varía dicha atracción y, por tanto, a mayor frecuencia, más rápido se reorientarán los dipolos en distinto sentido. (Radiofrecuencia Facial)

**Transductor Capacitivo.** Es la variación de la posición que se quiere medir, se convierten en variaciones de la capacidad de un condensador, generalmente plano o cilíndrico (Ares, sf).

**Oscilador.** Un oscilador es un circuito que es capaz de convertir la corriente continua en una corriente que varía de forma periódica en el tiempo (corriente periódica); estas oscilaciones pueden ser senosoidales, cuadradas, triangulares, etc., dependiendo de la forma que tenga la onda producida (Camps-Valles, sf).

**Impedancia.** La impedancia es la oposición que experimenta un dispositivo o circuito eléctrico o electrónico a la circulación de corriente eléctrica periódica (Rosa, sf).

**Configuración Tótem Pole.** Esta configuración permite interactuar en tres diferentes estados de salida, un estado bajo de nivel cuando el transistor inferior del tótem pole está encendido y el de arriba está apagado. Un estado alto de nivel cuando el transistor superior del tótem pole está encendido y el de abajo está apagado. Un tercer estado en que ambos transistores de tótem pole están apagados. El tercer estado es de circuito abierto o de alta impedancia y permite una conexión con alambre directo de muchas salidas a una línea común (Mano, 2003).

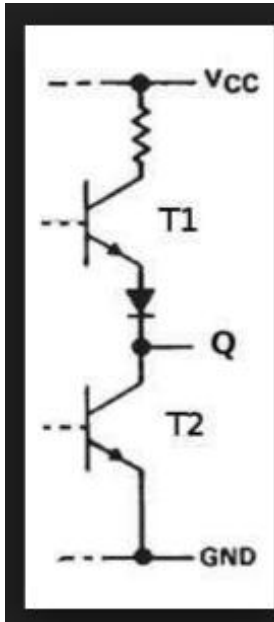


Figura N° 2 (Configuración tótem pole)

Anexo # 4 Diagrama final del equipo

**Touch Screen.** consiste en una membrana de vidrio con transductores emisores y receptores ubicados en los bordes frontales de la pantalla.

El controlador de la pantalla envía una señal eléctrica de 5 Mhz al Transductor transmisor que convierte la señal en ondas ultrasónicas y las envía sobre la superficie del vidrio a través de una serie de Deflectores. Cuando esta señal le llega a los deflectores del lado opuesto, este la envía al transductor receptor que reconvierte las ondas acústicas en una señal digital. Este proceso se repite en cada eje de coordenada.

Cuando se toca la pantalla, esta absorbe las ondas acústicas que viajan sobre la misma. Las señales recibidas por X e Y son comparadas con el mapa original, el cambio es reconocido y se calcula así la coordenada.

### 3. Metodología

La metodología utilizada durante el transcurso de la pasantía se observa en el Anexo N° 1.

#### 3.1 Sensado

La elaboración se dio de la siguiente manera:

- Investigación sobre la ejecución del sensado.
- El sensado del equipo se puede dar de dos formas, la primera es por conmutación y/o accionamiento del equipo las veces que se desea a la hora de realiza los tratamientos con el equipo, la segunda por un sistema automático por medio de diferencia de capacitancia al tacto con los pacientes, esta diferencia de capacitancia permite identificar cuando el cabezal se encuentra en contacto o cuando no (cabezal al aire).
- Creación de planos y diseños.
- Pruebas en protoboard sin acople con el dispositivo (Emisión de Radiofrecuencia).
- Acople con el dispositivo y cabezal del equipo.
- Diseños electrónicos por medio de software (Altium).
- Montaje físico y pruebas.
- Terminación del dispositivo electrónico.

#### 3.2 Amplificador

El diseño se empezó a ejecutar de la siguiente manera:

- Investigación sobre configuraciones tótem-pole, Conmutación, espejo corriente, Clases A, B, AB.
- Montaje en protoboard de las configuraciones antes mencionadas
- Acople entre configuración tótem-pole y MOSFET, ya que fueron las de mejor resultado.
- Pruebas de señal de entrada GATE y emisión del cabezal del equipo.
- Diseños electrónicos por medio de software (Altium).

- Montaje físico y pruebas.
- Terminación del dispositivo electrónico.

### 3.3 Driver

El diseño se empezó a ejecutar de la siguiente manera:

- Investigación sobre driver de bajo costo en el mercado.
- Montaje en protoboard por medio del driver CD4050, ya que este dispositivo permite mantener la señal estable a la frecuencia requerida, sin distorsionar ni atenuar la señal para su posterior amplificación.
- Acople entre driver y el amplificador.
- Pruebas de impedancia y acople entre los dos sistemas, para garantizar el sostenimiento de la señal sin deformación.
- Diseños electrónicos por medio de software (Altium).
- Montaje físico y pruebas.
- Terminación del dispositivo electrónico.

### 3.4 Touch Screen

El diseño se empezó a ejecutar de la siguiente manera:

- Investigación sobre pantallas táctiles.
- Montaje en protoboard con acople entre el sistema de interfaz (TFT320x240+TOUCH SCEEN+SD CARD ) y el sistema de potencia del equipo.
- Diseños electrónicos por medio de software (Altium), sobre comunicación.
- Montaje físico y pruebas.
- Terminación del dispositivo electrónico.

## 4. Resultados

Los resultados durante el desarrollo de la pasantía se mostraron favorables ya que se cumplió con los objetivos propuestos.

A continuación se presentaran las alternativas de solución y los errores que se observaron en la práctica para el desarrollo del presente proyecto RF.

### 4.1.1 AMPLIFICACIÓN

#### 4.1.1.1 Amplificador primeras deducciones

Los dispositivos actuales en el mercado Colombiano presentan delimitaciones, ya que tienen Post-venta en un margen demasiado alto, esto se debe a un mal diseño electrónico el cual no cumple lo exigido por el equipo, este problema genera un elevado consumo de corriente, disipación de calor fuera de los rangos establecidos por los componentes utilizados, distorsión y mal acople entre los sistemas generadores y el aplicador.

Durante el desarrollo de la pasantía se desarrollaron varios sistemas de amplificaciones, obteniendo datos positivos y negativos durante sus pruebas, hasta cumplir cabalmente una de las necesidades del desarrollo del proyecto.

Una de las grandes ventajas con el diseño del amplificador fue:

- El voltaje y la corriente de salida no tiene perdidas al colocar cualquier carga simulada entre los rangos de la impedancia del cuerpo humano (no hay perdidas de voltaje y corriente), a una frecuencia preestablecida y fija.
- Valor económico del diseño electrónico del amplificador viable frente al costo de los ya implementados en los dispositivos biomédicos.
- Diseño de fácil entendimiento y fácil ensamble para un posterior proceso de fabricación.

#### 4.1.1.2 Amplificación True

Esta etapa de amplificación se realizó utilizando varios dispositivos, los cuales tras investigaciones y pruebas se llego a la conclusión, que el amplificador (driver) a utilizar era el IR2117 de la mano con un transistor tipo MOSFET el cual es el W9NK70Z (El cual será remplazado por el componente STP7N80K5 ya que el fabricante informa su retiro del mercado) anteriormente se propuso otras opciones

de solución en frente al tipo de componentes a utilizar como el IRF840, pero no llenaban las expectativas, ya que después de un tiempo de funcionamiento, este componente presenta pérdidas y caídas con respecto a su eficiencia, por ende elevado consumo de corriente y posterior a un daño del componente.

Siendo este sistema viable en términos económicos y facilidad en su ensamble su respuesta frente a los otros diseñados es de un 60 %, ya que la eficiencia se ve afectada al cambio de frecuencia variable a manejar en términos de MHz

#### **Problemas con el amplificador**

- En primer lugar el problema que surgía era la pérdida de voltaje al acoplar la primera etapa con la segunda (MOSFET).
- Impedancias de salida y de entrada del driver y el MOSFET.

#### **Ventajas del amplificador**

- La ventaja significativa de este tipo de driver es el manejo de frecuencias bajas y medias.
- Manejo de altas corrientes (STP7N80K5).
- Manejo de altos voltajes (STP7N80K5).

#### **Desventajas del amplificador**

- No muy estable a altas frecuencias (IR2117).
- Pérdida de voltaje de salida al acoplamiento.

##### **4.1.1.3 Amplificador por ciclo útil**

Este tipo de amplificador se caracteriza por una conmutación por medio de variación de ciclo útil.

Esta amplificación genera una buena respuesta para una señal de 1 MHz; el gran inconveniente que el amplificador presenta es el manejo de frecuencia de 3 MHz.

#### **Problemas actuales**

- Limitación de voltaje por el bobinado secundario del transformador.
- Elevada corriente por el bobinado primario del transformador.

#### **Ventajas actuales del amplificador**

- Excelente funcionamiento a la frecuencia de trabajo de 1 MHz.
- Mantiene constante el voltaje en GATE del MOSFET STP7N80K5 a una señal de 1 MHz.

#### **Desventajas actuales**

La desventaja que presenta es su limitación por elevadas corrientes que se generan en el devanado primario del transformador a un elevado voltaje de alimentación. Como también una pérdida muy desfavorable a la frecuencia de trabajo de 3 MHz (Distorsión de la señal, caída de voltaje, sobre calentamiento de componentes y baja potencia).

#### **4.15 Amplificador en configuración Tótem-Pole**

Esta configuración se caracteriza por mantener constante la señal y/o tensiones en acoples de diferentes dispositivos. Se implementa de manera muy sencilla ya que solo interactúan dos dispositivos electrónicos como lo son los transistores TIP127 el cual después de pruebas se utilizó (MJH11021, por su alta capacidad) en acople por impedancia a la entrada de un MOSFET (STP7N80K5), seguido de un transformador primario y secundario con un número de espiras correspondientes a la frecuencia de trabajo (1 MHz y 3MHz).

Gracias a esta configuración se pudo dar solución en parte a los objetivos propuestos.

Esta implementación tiene como objetivo mantener una señal en un rango estipulado por la hoja del fabricante del MOSFET a cierta frecuencia (1 MHz y 3 MHz). Como pasantes se obtuvo buenos resultados ya que la señal de entrada en el MOSFET se mantiene en el rango

estipulado (10V) y con una señal sin ningún tipo de distorsión.

Anexo N° 3 al documento.

Anexo N° 4 al documento.

Anexo N° 5 al documento.

## 4.2 Comunicación Touch Screen

Se realiza investigación sobre el tipo de dispositivo táctil a utilizar, seleccionándolo por su valor económico y facilidad de programación (TOUCH SCREEN TFT 320).

Se utilizó la pantalla TFT320x240+TOUCH SCREEN+SD CARD del fabricante ELECT FREAKS. Debido a su bajo costo, múltiples librerías (Geométricas, botones, sliders, etc.). Utiliza un soporte FT mega shilde el cual va conectado a un Arduino Mega 2560, lo cual garantiza una velocidad de acople y precisión en el envío de datos entre los dispositivos. El Arduino cuenta a su vez con un procesador ATMEL 2560.

Por medio de las Librerías UTFT, TFT y UTouch, las cuales son de libre acceso, se permite la comunicación entre el procesador y la Touch Screen.

```
#include <tinyFAT.h>
#include <UTFT.h>
#include <UTFT_tinyFAT.h>
#include <UTFT_Geometry.h>

//#include <UTFT.h>
#include <UTouch.h>
#include <UTFT_Buttons.h>
```

## 5. Conclusiones

El uso de diferentes cables para la antena del cabezal puede afectar en un 50 % ña eficiencia de la señal con respecto al acople del equipo y la pieza final, debido a este problema se realiza estándares con el cable a utilizar y su longitud, este acople entre impedancia se da gracias al transformador de salida ya que la relación entre el número de espiras del primario y secundario nos permite calibrar el cabezal al equipo.

Los electrodos del cabezal a utilizar son muy importantes ya que una mala

fabricación de ellos, por defecto del material o distancia diferente a la diseñada entre cada electrodo, afecta notablemente el tratamiento a utilizar ya que la distancia entre cada electrodo permite la penetración de la onda en el cuerpo humano y el cambio de material o defecto de cada electrodo afecta la onda y el acople del cabezal (antena) al equipo.

Parte primordial del amplificador es el sostenimiento de la señal en la entrada del MOSFET (GATE) ya que al variar la frecuencia al rango de 3MHz se atenúa la señal a un 70%, caso contrario en la frecuencia de 1MHz.

Gracias al driver que se implementó la señal de entrada en el MOSFET se mantiene en un rango de 0 a 10 V como una señal mas limpia con respecto a las otras configuraciones antes mencionadas.

Gracias al sensado del dispositivo, el material (cabezal - cable) tiene menos desgaste físico.

El sistema táctil (touch screen), presenta problemas al tacto ya que dependiendo de la forma de programación y sus multiples tareas a ejecutar pueden verse afectado esta función del dispositivo y no actuar a lo requerido.

La disipación de calor de todos los componentes utilizados presenta gran importancia ya que sin un sistema de ventilación adecuada, en términos de trabajo contante se pueden ver afectados ciertos componentes utilizados.

## 6. Referencias

- Anonimo, A. Introducción a la Electrónica de potencia.  
Ginzburg, M. C. Introducción a las técnicas digitales con circuitos integrados.  
Jr., J. J.-G.-S. Análisis de sistemas de potencia – John J. - Grainger William D. – Steveson Jr.  
*Puerto paralelo en detalle* . (s.f.). Obtenido de <http://www.fortunecity.es/imaginapode>

Rashid., M. H. Electrónica de Potencia . in-Chief.  
Ares, E. G. (s.f.). INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA.  
Camps-Valles, G. (s.f.). Osciladores sinusoidales.  
Diseño e implementación de un acelerómetro, velocímetro móvil digital controlado por un PIC de MICROCHIP. (s.f.). *Universidad Politécnica de Catalunya*.  
Leonardo Mora rivera, S. A. (s.f.). Ultrasonido.  
Mano, M. M. (2003). *Diseño Digital* (Tercera ed.). MEXICO: California state university.  
Reyes, L. (s.f.). Electrónica y microelectrónica para científicos.  
Rosa, J. J. (s.f.). (título Medidores de Impedancia y parámetros de componentes pasivos.

### Autores

Los presentes autores de esta pasantía son estudiantes en vista de una pronta finalización de la carrera "Ingeniería en Control" de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Se presentan a continuación:

Antonio Arévalo Mogollón: Se desempeña actualmente como estudiante de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas Ingeniería en Control cursando X semestre de la carrera; sus estudios realizados son:

- Culminación satisfactoria de secundaria "bachillerato" (Institución Educativa Distrital Andrés Bello).
- Curso de desarrollo de base de datos Access (SENA), *Bogota 2006*.
- Conferencias realizadas en el marco del quinto congreso de electrónica, control y telecomunicaciones (*Congreso de electrónica*).
- Tecnólogo Electrónico de la Universidad distrital sede tecnológica.

- Estudio en el instituto de educación superior CIDE en Mecatronica 1 semestre (Actualmente-nocturno).

Actualmente se desempeña como estudiante en víspera de la finalización de su carrera en Ingeniería en Control, se destaca en las áreas de diseño e implementación de nuevas herramientas para optimizar tanto nuevos procesos como mejoras en equipos. Su forma de contacto es vía Email ó por teléfono móvil. e-mail: [antonio8910@gmail.com](mailto:antonio8910@gmail.com)  
Cel: 301 4376721



Antonio Arévalo Mogollón

Miguel Ángel Salgado Ruiz: Se desempeña actualmente como estudiante de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas Ingeniería en Control cursando X semestre de la carrera; sus estudios realizados son:

- Culminación satisfactoria de secundaria "bachillerato" (Institución Educativa Departamental IEDITA)
- Programación de PLC I,II,III SENA año 2008.
- Conferencias realizadas en el marco del quinto congreso de electrónica, control y telecomunicaciones (*Congreso de electrónica*).
- Tecnólogo Electrónico de la Universidad distrital sede tecnológica.

Actualmente se desempeña como estudiante en víspera de la finalización de su carrera en Ingeniería en Control, se destaca en las áreas de robótica y automatización, programación de software

y diseño. Se puede contactar por los siguientes medios

e-mail: [miguelsalgado@ingenieros.com](mailto:miguelsalgado@ingenieros.com)

Cel: 3123110787



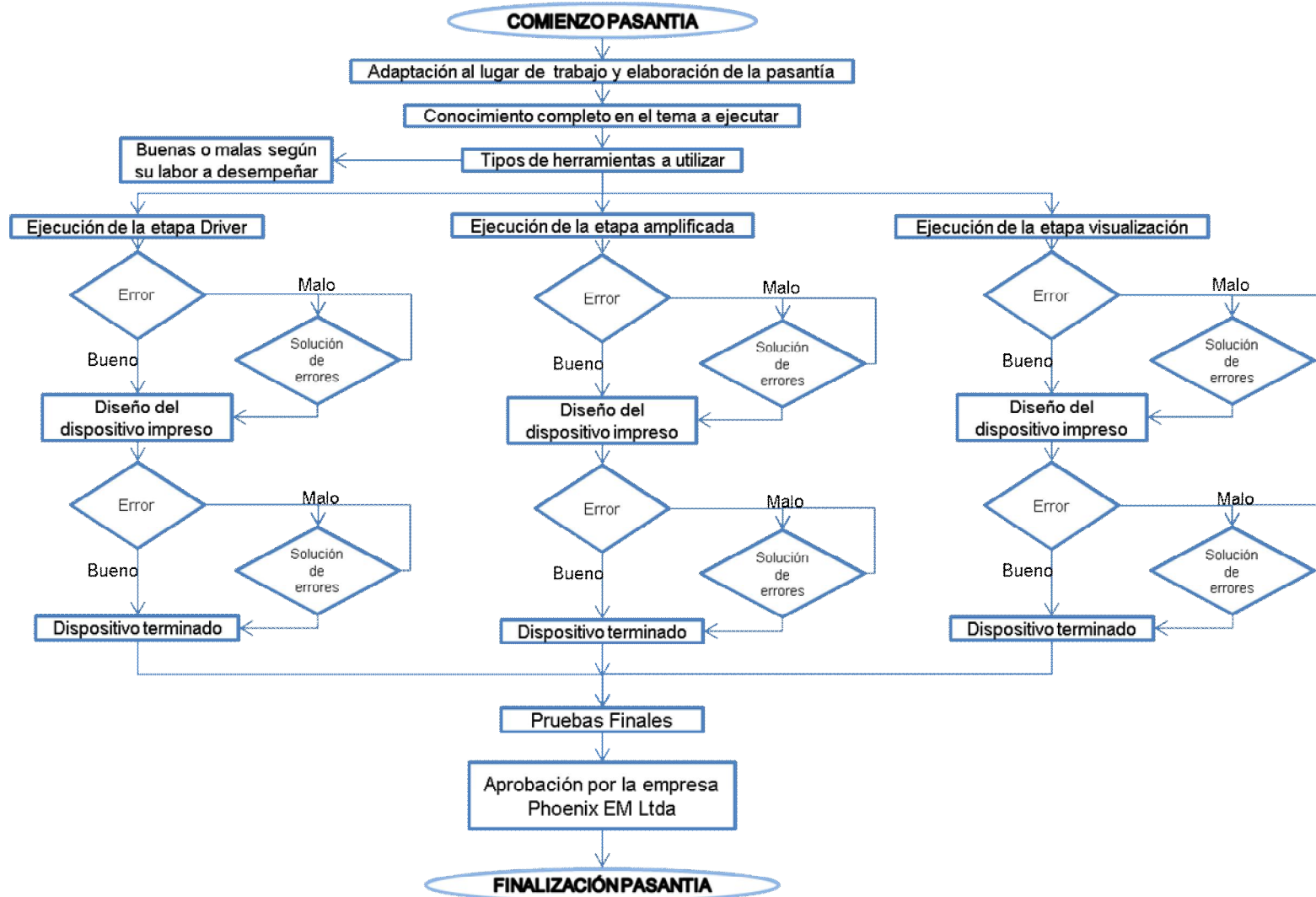
Miguel Ángel Salgado Ruiz



## ANEXOS

### ANEXO Nº 1

Diagrama de flujo sobre la metodología empleada durante el proceso de la pasantía



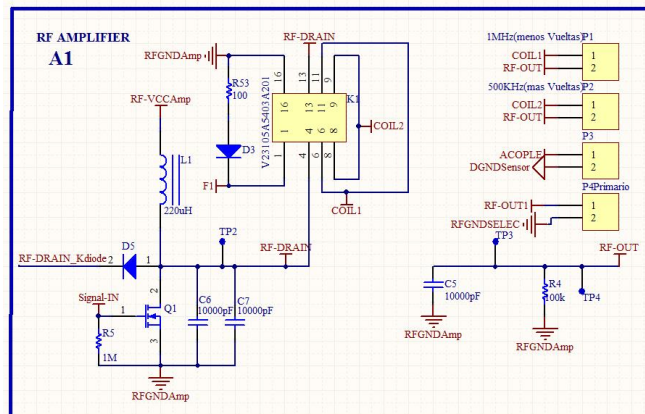
### Anexo Nº 2

Diagrama de bloques acorde al funcionamiento del Equipo.

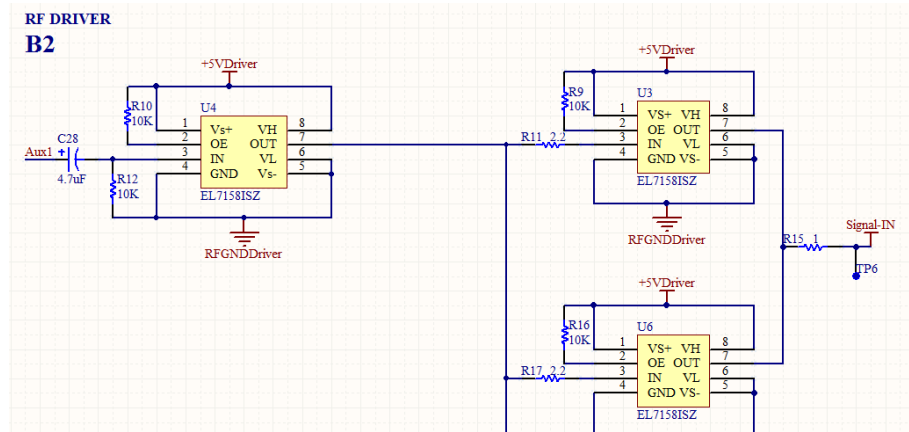


### Anexo Nº 3

Circuito electrónico del amplificador.



**Anexo Nº 4**  
Circuito electrónico Driver.



**Anexo Nº 5**  
Circuito electrónico Fuente.

