



# ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“ DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA  
DE SEGURIDAD : MALLA ELECTRIFICADA ”

INFORME TECNICO

Previa la obtención del título de :

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Especialización : ELECTRONICA

Presentado por :

Jessica Isabel Ayala Suárez  
Pablo Nájera Gordillo  
Juan Carlos Gaibor Valencia  
Víctor Hugo Guijarro Chabla  
Roberto Ignacio Guzmán Viteri  
Daniel Arteaga Mackenzie

Profesor : Ing. Alberto Larco Gómez  
1994 - 1995

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedicamos **Con Amor** a nuestros padres quienes con sus consejos nos han guiado y ayudado, durante todo el tiempo que hemos trabajado juntos para desarrollar la presente investigación, siempre apoyándonos en todos los inconvenientes suscitados para cumplir con la culminación de nuestro Tópico de Graduación.

**CON GRATITUD** a nuestro profesor de Tópico, el ING. Alberto Larco por su apoyo incondicional, Al ING. Armando Altamirano; Sub-Decano de la F.I.E., Al ING Nelson Layedra, y en especial a nuestra Madrina de Graduación Sra. Mariella Alava de Larco



Ing. Alberto Larco  
Director del Tópico

.....  
Ing. Federico Bozano  
Miembro del Tribunal



Ing. Nelson Layedra  
Miembro del Tribunal

## INDICE GENERAL

INDICE GENERAL .....	III
INTRODUCCION .....	IX

### CAPITULO I

#### CONVERTIDOR DC-DC ELEVADOR

1.1. Introducción .....	1
1.2. Oscilador .....	3
1.2.1 Frecuencia utilizada .....	5
1.3. Transistores de conmutación .....	8
1.3.1 Cálculos .....	9
1.4. Transformador generador de Alto Voltaje .....	11
1.4.1 Cálculos .....	13
1.5. Rectificación del Alto Voltaje .....	19
1.5.1 Descripción de los componentes .....	24

### CAPITULO II

#### CIRCUITO DE MUESTREO,ALARMA Y PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITO

2.1 Introducción .....	26
2.2 Muestreo del Alto Voltaje .....	27



2.3	Alarma Audible .....	31
2.3.1	Disparador de la Alarma .....	31
2.3.2	Circuito generador de la Alarma .....	33
2.4.	Protección contra cortocircuitos permanente .....	36
2.4.1	Funcionamiento .....	36

### CAPITULO III

#### ALIMENTACION DEL SISTEMA

3.1	Introducción .....	44
3.2	Cargador de Batería .....	45
3.2.1.	Funcionamiento del Circuito .....	45
3.2.2.	Cálculos .....	49
3.2.3.	Cálculos de la resistencia térmica del disipador .....	54
3.3	Circuitos de conmutación .....	58
3.3.1	Circuito conmutador de fuente a batería .....	58
3.3.2	Circuito conmutador para desconexión de batería baja .....	60
3.4.	Fuente de Alimentación .....	61
3.4.1	Entrada AC .....	61
3.4.2	Técnica del doblador de voltaje .....	64
3.4.3	Convertidor Medio Puente .....	65
3.4.4	Diodos de conmutación .....	68

3.4.5	Circuito Amortiguador .....	69
3.4.6	Sección de Salida .....	70
3.4.7	Rectificación de salida .....	72

## CAPITULO IV

### CONSTRUCCION FISICA DE LA MALLA ELECTRIFICADA

4.1	Introducción .....	75
4.2	Soportes .....	76
4.3	Aisladores .....	82
	4.3.1 Pruebas y resultados obtenidos .....	84
	4.3.2 Resultado final .....	90
4.4	Alambrado .....	92

## ANEXOS

A	Manual del Usuario .....	96
B	Funcionamiento y Tablas características .....	99
C	Lista de Elementos y Tablas características .....	116
D	Demostración de fórmulas .....	125
E	Circuitos impresos y diagrama general del circuito .....	127

Bibliografía

## INDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1. Diagrama de Bloques General.
- FIGURA 2. Diagrama de Bloques del Convertidor DC-DC Elevador .
- FIGURA 3. Oscilador .
- FIGURA 4. Oscilograma del Voltaje salida ideal del IC3 .
- FIGURA 5. Oscilograma del Voltaje de salida del IC3 .
- FIGURA 6. Configuración de los transistores de Conmutación ..
- FIGURA 7. Transistores de Conmutación con transformador generador de alto voltaje .
- FIGURA 8. Oscilograma de la corriente del Emisor de Q6 .
- FIGURA 9. Voltaje Colector Emisor de Q5 .
- FIGURA 10. Voltaje del primario del Transformador T2
- FIGURA 11. Voltaje Colector Emisor de Q6 .
- FIGURA 12. Circuito Rectificador de alto Voltaje .....
- FIGURA 13. Diagramas de Bloques del Sistemas de Muestreo, Alarma y Protección contra cortocircuito .
- FIGURA 14. Sensor de Alto Voltaje .
- FIGURA 15. Circuito Disparador de la Alarma
- FIGURA 16. Circuito Generador de la Alarma .
- FIGURA 17. Circuito Digital de Control .
- FIGURA 18. Diagrama de Flujo del Circuito Digital ..
- FIGURA 19. Diagrama de Bloques de la Alimentación del Sistema .
- FIGURA 20. Regulador de Voltaje .
- FIGURA 21. Circuito Limitador de Corriente .
- FIGURA 22. Función de Transferencia  $V_{salida}$  vs  $I_{salida}$  .
- FIGURA 23. Diagrama Completo del Cargador de Bateria .
- FIGURA 24. Circuito de Conmutación .
- FIGURA 25. Filtro de Interferencia de Radiofrecuencia - Alimentación DC
- FIGURA 26. Convertidor Medio Puente .
- FIGURA 27A. Convertidor Directo .
- FIGURA 27B. Convertidor Directo con Toma Central .
- FIGURA 28. Vivienda donde se instaló la Malla electrificada ..
- FIGURA 29. Vista parcial de la Malla donde se utilizó soporte de 2 metros .
- FIGURA 30. Disposición de los Aisladores y Anillos sobre los Soportes de 2 metros
- FIGURA 31. Disposición de los Aisladores y Anillos sobre los Soportes de 1,5 metros .
- FIGURA 32. Vista Superior de la Malla Electrificada ..

- FIGURA 33 Vista Lateral donde se observa los Soportes colocados sobre los Pilares .
- FIGURA 34 Aisladores Cilindricos colocados en los soportes esquineros .
- FIGURA 35 Aisladores Tripa de Pato de Cerámica en los Soportes .  
intermedios ..
- FIGURA 36 Vista Lateral del Aislador Tripa de Pato
- FIGURA 37 Vista de un Soporte Esquinero ..
- FIGURA 38 Vista de la malla desde el Interior de la vivienda .
- FIGURA 39 Vista Lateral de la Malla Electrificada .

### **INDICE DE TABLAS DEL ANEXO B**

- TABLA 1. Características del LM311
- TABLA 2. Valores máximos absolutos de Alimentación
- TABLA 3. Características Electricas de LM311
- TABLA 4. Características funcionales del LM338

### **INDICE DE TABLAS DEL ANEXO C**

- TABLA 1 RESISTENCIAS
- TABLA 2 CAPACITORES
- TABLA 3 DIODOS Y ZENER
- TABLA 4 TRANSISTORES
- TABLA 5 CIRCUITOS INTEGRADOS
- TABLA 6 ELEMENTOS VARIOS
- TABLA 7 CARACTERISTICAS TECNICAS DEL TRANSISTOR D1046
- TABLA 8 CARACTERISTICAS TECNICAS DEL TRANSISTOR C2818
- TABLA 9 CARACTERISTICAS DE LOS DIODOS ECG558
- TABLA 10 RANGO DE CORRIENTES APLICADAS A 60 HZ
- TABLA 11 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL MC14538B



## INTRODUCCION

El siguiente trabajo consiste en el diseño, análisis e implementación de un sistema de seguridad para domicilios o áreas cerradas, mediante la utilización de una MALLA ELECTRIFICADA de alto voltaje.

El sistema se diseño partiendo de cuatro bloques principales (Figura 1): Convertidor DC-DC Elevador, Circuitos de Muestreo-Alarma audible-Protección contra cortocircuito, Alimentación del sistema, y Construcción Fisica de la Malla Electrificada.

A continuación se da una breve descripción de los bloques:

**Convertidor DC-DC elevador.** A partir de 12V DC entregados por la fuente de alimentación produce un voltaje DC de salida de 3600V con respecto a tierra, que se coloca en la Malla Electrificada

**Circuitos de Muestreo, Alarma audible y Protección contra cortocircuito.** Sensa que el nivel de Voltaje en la Malla Electrificada se mantenga arriba del 80% de los 3600V aplicados en esta, y en caso de que baje de este porcentaje el circuito de muestreo dispara la Alarma audible. Además, en el caso de un

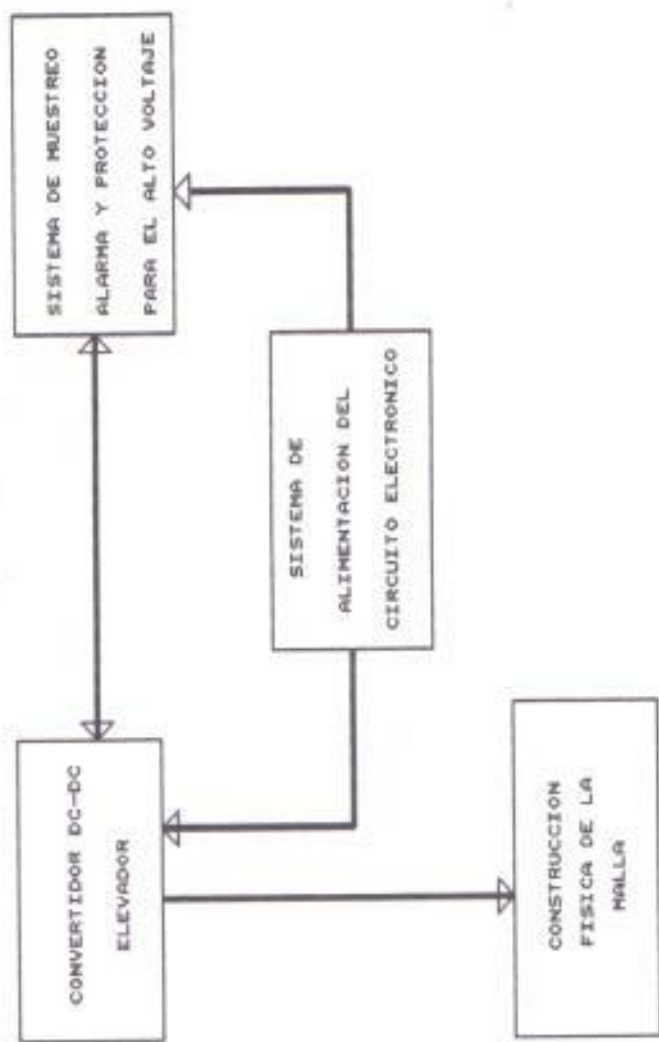


FIGURA 1 DIAGRAMA DE BLOQUES GENERAL



permanente deshabilita el Convertidor DC-DC Elevador, de esta forma se protege al sistema y al objeto que produce el cortocircuito.

**Alimentación del sistema.** A partir de una alimentación de 110 ó 220V AC , produce 12V DC con los que funciona el resto del sistema, además considerando el caso de una pérdida de energía en la alimentación, se incluye funcionamiento a batería por el tiempo de una hora.

**Construcción Física de la Malla Electrificada.** Descripción de los aisladores, tipos de cables, separación entre soportes separación entre alambres y demás características físicas que conforman la construcción física de la malla.

En el desarrollo del trabajo se explicará cada bloque dividiéndolo en sus respectivas partes, de tal forma que cada bloque se estudia como un capítulo.

# CAPITULO I

## CONVERTIDOR DC-DC ELEVADOR

### 1.1. Introducción

El circuito Convertidor DC-DC Elevador es el encargado de generar el alto voltaje que lleva la Malla Electrificada. En diagrama de bloques el Convertidor DC-DC Elevador consta de las siguientes partes (Figura 2): Oscilador, Transistores de Conmutación, Generador de Alto Voltaje, Rectificador de Alto Voltaje.

El **Oscilador**, es el encargado de generar un tren de pulsos cuadrados, a una frecuencia ajustable, que es usado para encender o apagar los transistores de conmutación.

Los **Transistores de Conmutación** son usados como interruptores para obtener un cambio brusco en el paso de corriente a través de la bobina del primario del transformador del bloque generador de alto voltaje, efecto que hace producir pulsos de voltaje de gran magnitud en esta.

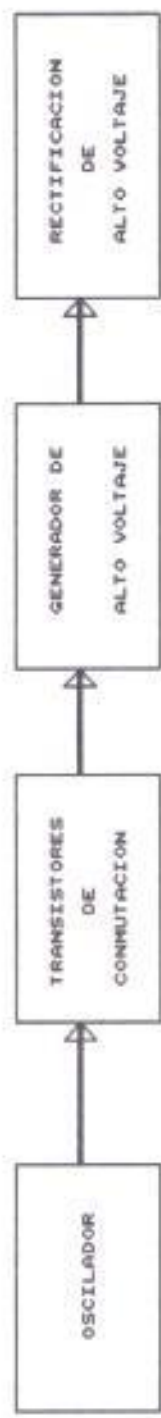


FIGURA 2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CONVERTIDOR DC-DC ELEVADOR

Además amplifica la baja corriente proporcionada por el oscilador, para suministrar la corriente necesaria para hacer conmutar a los transistores.

**El Generador de Alto Voltaje** lo constituye un transformador que es utilizado como una inductancia que almacena energía en el primario y la devuelve al secundario como pulsos de alto voltaje.

**El Rectificador** almacena la energía de los pulsos de alto voltaje del secundario del transformador por medio de un circuito formado por diodos y capacitores, de tal forma que los capacitores se cargan al voltaje pico de los pulsos del secundario.

## 1.2. Oscilador

Como requerimiento del oscilador se necesita una señal cuadrada periódica, a una frecuencia de 1Khz, y con un ciclo de trabajo del 94% aproximadamente. Estos requerimientos pueden ser alcanzados con el oscilador IC3 conectado con su configuración astable (Anexo B).

En el diagrama del oscilador (Figura 3) se muestra a el oscilador IC3 conectado como configuración astable.

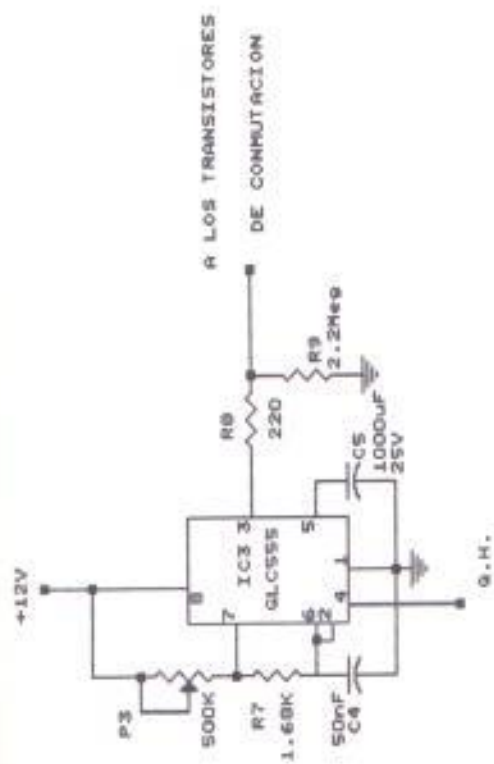


FIGURA 3 OSCILADOR

### 1.2.1 Frecuencia utilizada

El oscilador IC3 como astable trabaja con los siguientes valores:

$$P3=23.5K$$

$$R7=1.68K$$

$$C4=50.5nF$$

Utilizando las ecuaciones de funcionamiento astable de IC3 (Anexo B) tenemos:

$$t_H=0.69(P3+R7)C4$$

$$t_H=877.39\mu s$$

$$t_L=0.69(R7)(C4)$$

$$t_L=58.53\mu s.$$

Entonces el periodo es:

$$T= t_H + t_L=935.92\mu s$$

y la frecuencia de operación es:

$$f=1.068KHz.$$

Además el ciclo de trabajo es:

$$D=t_H / T=0.937$$

Donde



Donde

$t_H$ : es el tiempo en alto de la salida del oscilador

$t_L$ : es el tiempo en bajo de la salida del oscilador

$T$ : periodo de la salida del oscilador

$f$ : frecuencia de la salida del oscilador

El voltaje de salida ideal del oscilador IC3 se muestra en la (Figura 4) y el oscilograma se muestra en la (Figura 5).

### 1.3. Transistores de Conmutación

El Convertidor DC-DC Elevador consta de dos transistores de conmutación NPN de potencia. (En esta sección se estudia la configuración básica de los dos transistores (Figura 6), para luego analizar en la próxima sección el circuito utilizado ). El transistor Q5 es usado para incrementar el nivel de corriente que se suministra a la base de Q6. De esta forma Q6 tiene la corriente de base necesaria para poder conmutar.

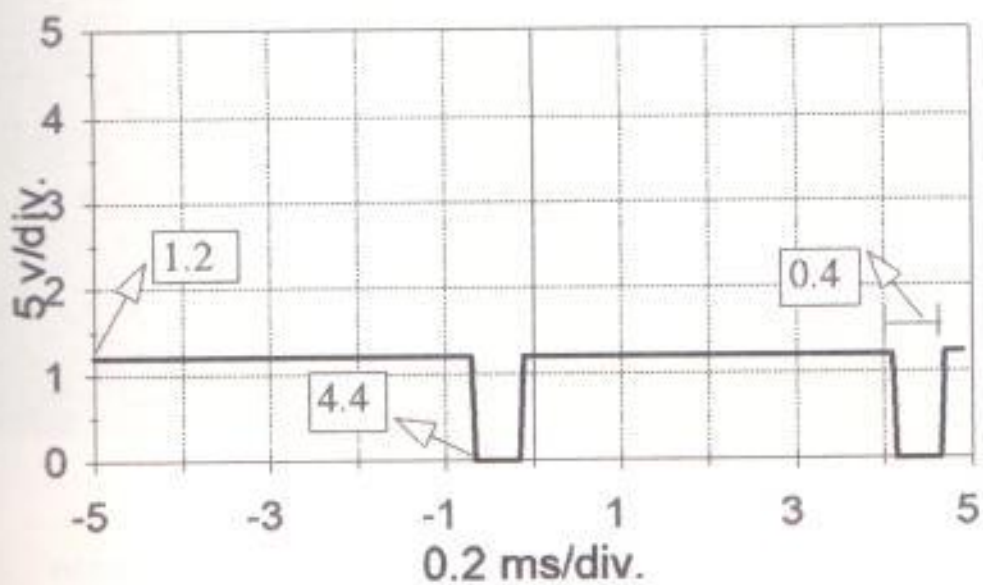


FIGURA 4 OSCILOGRAMA DEL VOLTAJE DE SALIDA IDEAL DEL IC3

### 1.3.1. Cálculos

Se realizó el cálculo del voltaje thévenin y resistencia thévenin en la base de Q5 (Figura 6) :

$$V_{TH}=12V$$

$$R_{TH}=220 \text{ ohm}$$

Asumiendo un voltaje de caída de los diodos de 0.7V y un voltaje colector-emisor de los transistores en saturación de 1V las corrientes serán:

$$I_{RTH} = (V_{TH}-V_{beQ5}-V_{beQ6})/(R_{TH}) = 48.18mA$$

$$I_{R10} = (V_{CC}-V_{ceQ5}-V_{beQ6})/R_{10} = 686.6mA$$

$$I_{R11} = V_{beQ6}/R_{11} = 38.88mA$$

y las potencias:

$$P_{RTH} = 0.51W$$

$$P_{R10} = 7.07W$$

$$P_{R11} = 0.027W$$

$$P_{Q5} = (I_{R10}) * V_{beQ5} = 0.686 \text{ W}$$

$$I_{bQ6} = I_{RTH} + I_{R10} - I_{R9} = 695.9mA$$

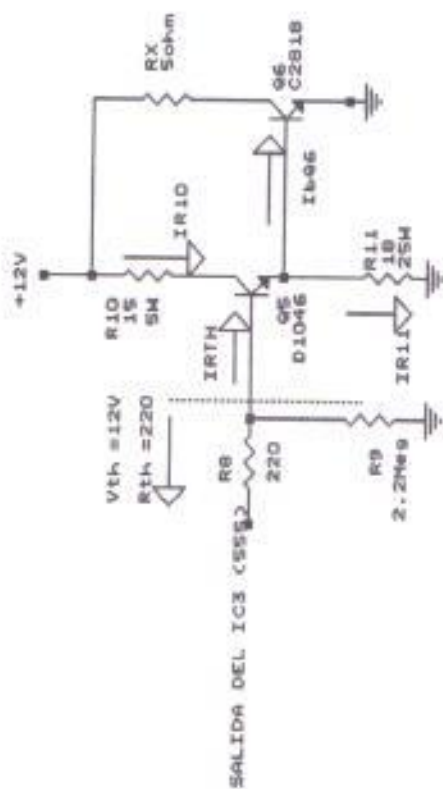


FIGURA 6 CONFIGURACION DE LOS TRANSISTORES DE CONMUTACION

De los cálculos se demuestra que se amplifica la corriente, de tal forma que la corriente que llega a la base de Q6 es suficiente para poder conmutar a este transistor. Por otro lado se observa la necesidad de Q5 ya que la corriente usada no podría ser suministrada por el temporizador IC3.

#### **1.4. Transformador Generador de alto voltaje**

La generación del alto voltaje se logra por medio de un transformador y con el uso de la configuración de los transistores mostrados en el tema anterior.

El primario del transformador se conecta entre el colector de Q6 y +12V (Figura 7), de tal forma que el transistor funciona como interruptor conectando ( $V_P = +12V$ ) y desconectando la alimentación de +12V al transformador.

Al desconectar la alimentación, en el primario del transformador se consigue un cambio brusco de su corriente, idealmente a cero, lo que origina un pulso de voltaje inverso idealmente a infinito ( $V_P$  negativo). Este pulso de voltaje negativo referido al secundario del transformador (alto voltaje) es rectificado y almacenado en un banco de capacitores.

### 1.4.1. Cálculos

De la (Figura) 7 el cálculo equivalente Thévenin da como resultado:

$$\mathbf{V_{TH}} = 12 \text{ voltios}$$

$$\mathbf{R_{TH}} = 220 \text{ ohm}$$

Asumiendo un voltaje de caída de los diodos de 0.7V y un voltaje colector-emisor de los transistores en saturación de 1V las corrientes serán:

$$\mathbf{I_{RTH}} = (V_{TH} - V_{D10} - V_{beQ6} - V_{D12} - V_{D13} - V_{beQ5}) / R_{TH}$$

$$\mathbf{I_{RTH}} = 37,27 \text{mA}$$

$$\mathbf{I_{R10}} = (V_{CC} - V_{ceQ5} - V_{D12} - V_{D13} - V_{beQ6}) / R_{10} = 26.66 \text{mA}$$

$$\mathbf{I_{R11}} = (V_{beQ6} + V_{D12} + V_{D13}) / R_{11} = 16.6 \text{mA}$$

$$\mathbf{I_{BQ6}} = I_{RTH} + I_{R10} - I_{R11} = 447.33 \text{mA}$$

y las potencias:

$$\mathbf{P_{RTH}} = 0.305 \text{W}$$

$$\mathbf{P_{R10}} = 4.16 \text{W}$$

$$\mathbf{P_{R11}} = 0.245 \text{W}$$

$$\mathbf{P_{Q5}} = (I_{RTH} + I_{R10}) \cdot V_{ceQ5} = 0.563 \text{W}$$

$$\mathbf{P_{D12}} = \mathbf{P_{D13}} = 0.7(447.33 \text{mA}) = 0.313 \text{W}$$



**Transformador T2 :**

$$N2/N1=17$$

Inductancia del Primario  $L1 = 40\text{mH}$

Inductancia del Secundario  $L2 = 4.26\text{H}$

Al encender el transistor Q6, el primario del transformador es alimentado directamente a +12V. En un inductor el voltaje es igual a:

$$V_L = L(di/dt)$$

En un transformador el voltaje del primario es igual a:

$$V_P = L1(dI1/dt) + M(dI2/dt)$$

Pero como se observa en la (Figura 7), al tener el secundario abierto (en el circuito sucede lo mismo debido a los diodos D15-D19 Figura 12, sección 1.5) el voltaje del primario será:

$$V_P = L1(dI1/dt)$$

De la malla formada por VCC, primario del transformador y Q6(saturado), se tiene en forma ideal que:

$$I_1 = (VCC/L1)*t$$

Donde la pendiente de  $I_1$  será :

$$m = 12V/40mH = 300$$

Del oscilograma de la corriente del emisor de Q6 mostrado en la (Figura 8) se tiene:

$$m = 0.3V/120ms = 250$$

El valor máximo del voltaje en el oscilograma es 0.5V donde

$$I_{eQ6} = 0.5V/0.1ohm = 5A$$

Donde 0.1 ohm es la resistencia usada para obtener la corriente del emisor de Q6 (no incluida en el sistema)

Por tanto

$$P_{Q6} = V_{ceQ6} * I_{eQ6} = 5W$$

La resistencia de 0.1 ohm se usó entre el emisor de Q6 y tierra.

La pendiente medida corresponde entonces a la corriente que circula por el emisor del transistor, y que concuerda aproximadamente con la pendiente calculada por fórmula.

En la base de Q6 se han colocado unos diodos que impiden que el transistor se vaya totalmente a saturación. Por inspección de la (Figura 7), observamos que cuando el transistor Q6 se enciende, su base esta 1.4V por debajo del voltaje de entrada. Asumiendo que los diodos D12 y D13 tienen una caída de voltaje de 0.7V. Pero debido al diodo D11 el colector esta solo a 0.7V debajo de la entrada. Por eso el colector del transistor será siempre más positivo que la base por  $1.4-0.7=0.7V$ , por lo tanto fuera de saturación. Los diodos de antisaturación deben ser de recobro rápido. Los diodos D12 y D13 pueden tener un voltaje inverso de ruptura bajo, pero el diodo D11 debe tener un voltaje inverso de ruptura de al menos dos veces el voltaje colector-emisor de Q6. Las características de estos diodos están en el Anexo C

Las características técnicas de Q5 y Q6 se encuentran en las tablas No 7 y No 8 del Anexo C. Y se puede concluir en base a los cálculos obtenidos que los transistores se han sobredimensionado por confiabilidad del sistema.

En la (Figura 9) se muestra el voltaje colector-emisor de Q5.

## 1.5. Rectificación del Alto Voltaje

Cuando Q6 va a corte, la corriente del primario del transformador cambia inmediatamente a cero, esto produce un pulso de voltaje inverso de gran magnitud (sección 1.4). En el caso de este sistema, el pulso puede ser regulado a mayor o menor voltaje (véase manual del usuario Anexo A). Este pulso en el primario del transformador está calibrado a -210 V (Figura 10 y 11), lo que implica que en el secundario del transformador se tendrá este mismo pulso multiplicado por la relación de transformación de T2 ( $N1/N2=17$ ) alrededor de 3600V.

Los pulsos de voltaje referidos al secundario poseen poca energía, por lo que si se aplicare una carga al secundario, el alto voltaje disminuirá en relación a la energía que puede dar el transformador, de acuerdo a la ecuación:

$$VP.II=VS.I2$$

donde:

**VP** es el voltaje del primario del transformador T1

**II** es la corriente del primario del transformador T1

**VS** es el voltaje del secundario del transformador T1

**I2** es la corriente del secundario del transformador T1.

De tal forma que el sistema de seguridad no funcionaría adecuadamente. Por tal motivo, la energía de los pulsos de alto voltaje en el secundario es almacenada mediante el circuito mostrado en la (Figura 12), que se explica a continuación.

Cuando VP es +12V, el voltaje VS será  $17 \cdot 12$ . En este caso los diodos D15-D18 se encuentran polarizados inversamente con un voltaje igual a la suma de  $17 \cdot 12$  más el voltaje almacenado en los capacitores. Cuando VP es un pulso de voltaje inverso, VS será un pulso de  $17 \cdot 210V$  y el banco de capacitores podrá cargarse a través de los diodos D15-D19.

Con esto se logra que el banco de capacitores sea el que mantenga el alto voltaje en las líneas de la malla, Además será el que proporcione la descarga al objeto extraño presente en la malla electrificada.

### 1.5.1. Descripción de los componentes

Las características de los diodos usados en el circuito (Figura 12) se encuentran en el Anexo C, tabla 9. El voltaje inverso de pico que soportarán los transistores será:

$$V=12 \times 17 + 3600 = 3804V.$$

Por lo que se usa 5 diodos en serie para protección.

Los capacitores usados son capacitores de 100uF,450V.

El alto voltaje obtenido en el secundario es de 3600V, por lo que se usan 9 capacitores de 450V cada uno, que colocados en serie soportarán 4050V. Cada uno de los capacitores es cargado entonces a 400V aproximadamente.

Los 9 capacitores en serie dan como resultado una capacitancia de:

$$C = 11.11\mu F.$$



## CAPITULO II

### CIRCUITOS DE MUESTREO , ALARMA Y PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITOS

#### 2.1. Introducción

En este capítulo se trata de los circuitos que se encarga del control del sistema general así como de su protección. En su estructura se encuentra formado por el circuito de muestreo del alto voltaje, el circuito de alarma audible y el circuito de protección contra cortocircuitos (Figura 13).

**El circuito de muestreo** verifica que el voltaje en la Malla se encuentre en el rango normal de operación (3600V). Si el voltaje llegase a ser menor que el 90% de este valor, el circuito activará una alarma audible e informará al circuito de protección contra cortocircuitos.

**El circuito de alarma audible** es usada para informar al usuario de que algo ha tocado la Malla. Esta alarma permanece activa hasta que el usuario presione un pulsador sobre el panel del equipo, que la desactiva,

siempre y cuando el voltaje en la malla esté nuevamente en el rango normal de funcionamiento.

**La protección contra cortocircuitos** es usada para el control de un cortocircuito permanente debido a la presencia de algún objeto extraño a la malla electrificada. El control apagará y tratará de encender el convertidor DC-DC elevador cada cierto tiempo (hasta cuando se retire el cortocircuito), logrando con esto reducir el consumo de potencia del sistema en esta condición. La presencia de un cortocircuito es notificada al usuario con un led indicador.

## 2.2 Muestreo de Alto Voltaje

El muestreo de alto voltaje se realiza con un circuito sensor. El nivel de voltaje usado como entrada de este circuito se obtiene de R13, cuyo voltaje resulta de el divisor de voltajes formado entre R12 y R13 (Figura 14 ). Donde R12 consiste de un banco de 11 resistencias de 8.2Ms (90.3 Megahomios) y R13 de una resistencia de 100K a tierra. En paralelo a R13 se encuentra C14 usado para mantener el voltaje estable en la entrada al sensor. R12 es lo suficientemente grande para que C11 pueda almacenar energía.

El voltaje obtenido en R13 es de 4V cuando el voltaje de la malla es de 3600V DC. Por lo que cuando el voltaje baje de 3.5V (menos del 90%), el circuito sensor cambia de estado.

El sensor consiste de un comparador de voltaje (IC4) como se muestra en la (Figura 14). El valor muestreado de voltaje en la resistencia R13 es ingresada en el pin 2 (+), mientras que en el pin 3 (-), se coloca un voltaje fijo de 3.5V (que representa el 90% de los 4V), mediante un divisor de voltaje formado entre las resistencias R14 y R15 (Figura 14).

Es decir, que en el funcionamiento normal del sistema, la salida del comparador S.H será un alto (7.5V). Pero al momento de producirse una descarga de los capacitores, inmediatamente el voltaje de R13 disminuirá y si es menor a 3.5V, S.H será un bajo (0V) a la salida del comparador.

Debido a la salida del sensor (S.H), éste se usa para disparar e la alarma y la protección en caso de cortocircuito. Las características de funcionamiento y las tablas de datos técnicos están detalladas en el Anexo B Tablas No 1,2 y 3

## 2.3. Alarma Audible

### 2.3.1. Disparador de la Alarma

El disparador de la Alarma consiste en un circuito de enclavamiento que en presencia de un voltaje de 0V produce a su salida +7.5V.

El circuito se basa en tres puertas NAND de dos entradas del circuito integrado IC5 (Figura 15) . Las entradas de las puertas no utilizadas se cortocircuitan a tierra para evitar el mal funcionamiento y el posible daño al dispositivo. Las entradas utilizadas del IC5 son cortocircuitadas, de tal forma que actúan como inversores.

Al tener +7.5 aplicado a la primera puerta NAND, en la salida de la tercera puerta NAND se obtiene 0V, por lo que C8 se encuentra descargado. En cambio si la primera puerta NAND se coloca a 0V, la tercera puerta NAND se encuentra a +7.5, este voltaje de 7.5V , hace que se cargue C8 a través de R21, produciendo el enclavamiento de +7.5V a la salida. Este voltaje es usado en el circuito para disparar el rele3 a través del



transistor Q7, con la finalidad de alimentar a el circuito generador de la alarma.

Al encender el sistema, el voltaje de salida del IC4 será 0V (hasta no alcanzar el 90% del alto voltaje), lo que originaría el enclavamiento de +7.5V y por tanto se alimentaría al circuito generador de la alarma. Por este motivo se usa el IC9 donde en una entrada se encuentra la salida del IC4 y en la otra existe la red de retardo (R19 y C7) para mantener un alto hasta que la salida del IC4 sea 7.5V .

Una vez enclavada la alarma, para poder desactivarla es necesario que se presione el pulsador destinado para ello ubicado en el panel del equipo. Esto se hace con el objetivo de que una vez disparada la alarma, solamente el usuario o alguna persona que tenga acceso al equipo pueda desactivarla.

### **2.3.2. Circuito generador de la Alarma**

Este generador de alarma produce una alarma bitonal ruidosa y llamativa adecuada para su empleo con el disparador descrito

interiormente, o con cualquier otro circuito de alarma en el que el generador de alarma esté gobernado por relé. La potencia equivalente de salida del circuito es de unos 2.5 w eficaces, con una alimentación de 7.5v. El esquema eléctrico del circuito se muestra en la Figura 16.

El diseño se basa en el circuito integrado IC6, constituido por 4 puertas NAND de dos entradas y las dos entradas de cada puerta están cortocircuitadas proporcionando un funcionamiento como inversor. Las puertas 1 y 2 se emplean en la configuración astable, dando una salida de onda casi cuadrada de unos 2Hz con los valores especificados. Las puertas 3 y 4 se emplean en una configuración del mismo tipo, pero con unos valores de componentes de temporización ( R27 y C12 ) mucho más bajos, dando una frecuencia de funcionamiento de unos pocos cientos de Hz. Sin embargo, como la salida del oscilador de baja frecuencia se conecta a la entrada del oscilador de audio, la frecuencia de funcionamiento de este último varía de acuerdo con el estado de la salida del primero. Por tanto, el tono de salida se conmuta continuamente



entre dos alturas con lo que se obtiene la deseada salida bitonal.

Esto es más llamativo que una salida de un solo tono.

Q8 y Q9 se conectan en montaje de par Darlington y se emplean en seguidor de emisor para producir la corriente que se necesita para excitar un altavoz de 8 Ohm a volumen alto. Es preciso cerciorarse de que el altavoz utilizado sea de la potencia nominal adecuada ( los tipos miniatura no son adecuados para este circuito). El consumo de corriente es del orden de 500mA con una alimentación de 7,5 voltios. Q9 no disipa mucha potencia por lo que no es necesario dotarlo de un disipador.

## **2.4. Protección Contra Cortocircuitos Permanentes**

### **2.4.1. Funcionamiento**

Este circuito (Figura 17) tiene dos salidas, Tm.H y Q.H, la primera es la salida del IC11 y la segunda es la señal que habilita o desahabilita el oscilador IC3 que está en el convertidor DC-DC elevador.



En la (Figura 18) se muestra un diagrama de flujo que explica el funcionamiento del circuito de protección.

En el diagrama de flujo se observa que en el estado Ta, el circuito muestrea la señal S.L ,manteniéndose en ese estado mientras esta señal permanezca en bajo, además la salida Q.H en este estado se encuentra en alto, lo que mantiene habilitado al temporizador IC3 del convertidor DC-DC elevador. La señal S.L proviene de un inversor formado con una puerta NAND del IC5 a cuya entrada se coloca la salida del comparador IC4 (S.H) que muestrea el alto voltaje de la malla electrificada. Para funcionamiento normal de la malla S.H es 7.5V y S.L estará en 0V. De igual manera la salida del comparador estará en bajo cuando la malla ha sido tocada, y por lo tanto la señal S.L en nivel alto.

El circuito al detectar S.L en alto, pasa al siguiente estado Tb donde la señal Q.H permanece en alto. En este estado se produce la señal Tr.H que dispara el multivibrador monoestable IC11, poniendo su salida (Tm.H) en alto durante un tiempo determinado por la red R23 ,C9 de 22 segundos, conectada a este. Una vez que la señal Tm.H se pone en bajo, el circuito pasa al siguiente estado Tc, en este estado Q se mantiene en alto y se muestrea nuevamente la señal S.L., de tal forma que si es un bajo (indicando que el alto voltaje en la malla ha sido reestablecido), el circuito regresa al estado inicial Ta, donde permanecerá hasta que la malla sea nuevamente tocada. Si S.L tiene un nivel alto (es decir que el alto voltaje en la malla electrificada ha disminuido y ha permanecido así durante más de 22 seg.), pasa al siguiente estado Td, donde Q se pone en bajo desahabilitando el temporizador del convertidor DC-DC elevador, apagando así el generador de alto voltaje.

En este estado además se genera otra vez Tr.H que dispara nuevamente el temporizador IC11 durante otros 22 seg. (Tm.H se pone en alto), tiempo durante el cual se permanece en este estado, manteniendo el generador de alto voltaje apagado.

Cuando la señal Tm.H se pone en bajo, luego de 22 seg. el circuito vuelve al estado inicial Ta.

Como se puede ver en caso de que, en la malla halla un corto circuito permanente, la señal S.L. se mantendra en bajo, produciendo que el circuito alterne entre los estados Tb y Td, lo que hace que Q.H alterne entre alto y bajo, lo que a su vez habilita y deshabilita el temporizador IC3. Esta condición seguirá mientras dure el corto. La señal que indica al usuario de esta situación, es un led que se mantendra encendido mientras esto suceda.

Las características técnicas del MC14538 se detallan en el Anexo C Tabla No 11



## CAPITULO III

### ALIMENTACION DEL SISTEMA

#### 3.1. Introducción.

En esta parte de nuestro trabajo hemos diseñado un sistema para poder alimentar nuestro circuito ( La Malla Electrificada ). En la figura 19 se muestra el diagrama de bloques general de la alimentación del sistema.

La Malla Electrificada está en capacidad de poder trabajar con la línea de 110-220 Vac. o con una batería de 12 VDC.

Para mantener la batería cargada constantemente se ha construido un cargador de batería, el cual nos garantiza que si falta el suministro de energía la batería estará totalmente cargada y lista para poder alimentar al sistema.

El cargador de la batería está dividido en dos partes, El **Limitador de Corriente** que está calibrado para 1.5 A. y el **Regulador de Voltaje**



que ha sido fijado a 13.8 V DC. para asegurar que la batería se cargue totalmente.

También se ha utilizado Relés para conmutar entre fuente y batería cuando no exista suministro de energía . Esto hará que entre a funcionar la batería alimentando todo el sistema.

Cuando el sistema se está alimentando de la línea de 110-220 V AC, utilizamos una fuente de conmutación, ya que éste tipo de fuente es capaz de proporciona voltajes bajos y gran cantidad de corriente, que es lo que necesita el sistema. Los voltajes que tomamos de la fuente de conmutación son -5 voltios, usados en el cargador de batería y +12 voltios que alimenta al sistema en general.

## **3.2. Cargador de Batería**

### **3.2.1. Funcionamiento del circuito.**

Este circuito opera de la siguiente manera :

Primero es necesario rectificar y filtrar el voltaje que se obtiene en el secundario del transformador T1.

El regulador de voltaje IC2, Fig (20) en su entrada recibe un voltaje no regulado. IC2 establece un voltaje  $V_p$  de 1.2 V entre

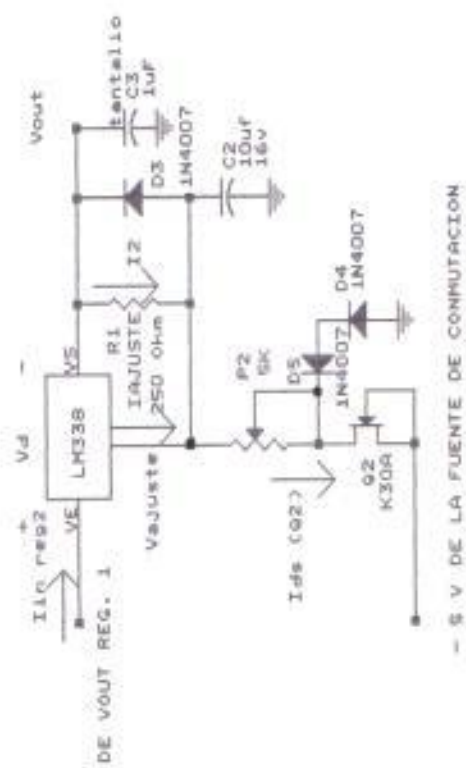


FIGURA 20 REGULADOR DE VOLTAJE

su salida y ajuste, esto producirá una corriente a través de R4 y el potenciómetro P2. Aquí también es necesario tener fija la corriente por el potenciómetro, por eso hemos utilizado un transistor JFET( Q2 ) polarizado de manera que la compuerta (gate) se une con el surtidor permitiendo que circule únicamente la corriente  $I_{dss}$ . Además aquí se han utilizado los condensadores de salida, C3 de tantalio y C2 electrolítico para evitar variaciones en el voltaje de ajuste debido a la carga, por otra parte fue necesario utilizar dos diodos D3 y D6 para ofrecer a los condensadores un camino de descarga.

Dependiendo de la carga del regulador de voltaje IC2, entra en funcionamiento IC1 ( Limitador de Corriente ) Fig (21) puesto que éste opera cuando su corriente llega a 1.5 A., en ese momento su voltaje de ajuste será 1.2 V. mientras no suceda esto tanto el voltaje a la salida del regulador IC1 será aproximadamente el voltaje a la entrada (Voltaje no regulado). Si la carga necesita una corriente mayor a 1.5 A, el limitador de corriente actuará, haciendo que el voltaje de carga disminuya hasta cero, tal como se puede apreciar en la función de

transferencia  $I$  salida vs  $V$  salida que se muestra en la Figura No ( 22)

En esta parte del cargador ( Limitador de Corriente ) tenemos P1 un potenciómetro de 1K. con dos diodos en paralelo (D1,D2 ) con los cuales podemos fijar el voltaje en el potenciómetro y con el transistor JFET ( Q1 ) podemos mantener la corriente constante ya que Q1 tiene cortocircuitado la compuerta (gate) con el surtidor y de esta manera actua como una fuente de corriente , circulando por este la corriente  $I_{dss}$  que es la máxima corriente que puede circular por el transistor.

Las características de funcionamiento, de regulación así como las protecciones y los rangos máximos de funcionamiento del IC1 y IC2 se encuentran detallados en el Anexo B, Tablas No 4 y 5

### 3.2.2. CALCULOS .

Regulación de Voltaje :

Voltaje en el secundario del transformador : 16.87 V.

$$\text{Voltaje pico : } V_{pk} = V_{sec} \times 1.41 - 1.4 = 22.4 \text{ V.}$$

La corriente de ajuste es aproximadamente cero :

$$I_{ajuste} = 50 \mu\text{A} .$$

$$I_2 = 1.2 / R_2 = 1.2 / 250 = 4.8 \text{ mA.}$$

$$I_D = I_{dss} ( 1 - V_{GS} / V_{GSoff} )^{** 2}$$

$$\text{Si } V_{GS} = 0 \text{ entonces } I_{dss} = I_{DS} ( Q_2 ) = 4.8 \text{ mA.}$$

Realizando una malla con el voltaje de salida tenemos :

$$V_{out} - Pot_2 \times I_{DS} - V_{DS} + 5 - 1.2 = 0$$

$$\text{de donde } V_{out} = 13.8 \text{ V.}$$

$$\text{entonces } V_{DS} = 5 \text{ V.}$$

Con lo que demostramos que podemos utilizar la siguiente fórmula para calcular el voltaje de salida .

$$V_{out} = 1.2 ( 1 + Pot_2 / R_1 )$$

Reemplazando valores :

$$V_{out} = 1.2 ( 1 + 2641 / 250 ) = 13.8 \text{ V.}$$

Si el valor de la corriente en la carga no excede el valor límite (1.5 A. ) entonces tendremos aproximadamente a la entrada del regulador de voltaje el voltaje en el condensador C1.

En el Limitador de Corriente tendremos :

Q1 polarizado de la misma manera que Q2.

$$V_{GS} = 0 ; I_{DS} ( Q1 ) = I_{dss} ( Q1 )$$

$$\text{Pero : } I_{DS} = I_1 + I_D \quad ( I_{adj} = 0 )$$

$$I_1 = V_{adj} / Pot1 = 1.2 / 1032 = 1.16 \text{ mA.}$$

entonces la corriente que circularía por los diodos ( D1 , D2 ) será :

$$I_D = 1.26 \text{ mA.}$$

Si el regulador del limitador de corriente está en zona lineal entonces :

$$I_a = I_1 + I_{in} ( \text{reg 2} )$$

donde  $I_a$  es la corriente que circula por la resistencia de cortocircuito.

Entonces podemos hacer una malla con el voltaje de ajuste del limitador de corriente :

$$I_a \times R_{sc} + I_1 \times P1a = 1.2 \text{ V.}$$

El valor en el potenciómetro es : 387 ohm

Por lo tanto el valor de la corriente  $I_a = 1.5 \text{ A.}$

y el valor de la corriente que ingresa al regulador de voltaje es

$$I_{in} ( \text{reg 2} ) = 1.498 \text{ A.}$$



Si hacemos circular la corriente máxima podemos hacer una malla externa para calcular los voltajes diferenciales (  $V_d$  )

$$V_d = V_{in} - V_{out} .$$

$$\begin{aligned} VDC ( C1 ) &= V_d ( \text{reg 1} ) + V_{rsc} + V_d ( \text{reg 2} ) + V_{out} . \\ &= 1.98 + 0.45 + 6.83 + 12.60 \end{aligned}$$

$$VDC ( C1 ) = 21.44 \text{ V} .$$

La fórmula para calcular el voltaje DC del condensador C1 es :

$$VDC = ( V_{pk} + V_{min} ) / 2$$

Por lo tanto podemos decir que :

$$V_{min} = 20.42 \text{ V} .$$

$$V_{riz pp} = 22.4 - 20.42 = 1.98 \text{ V} .$$

$$10 \% ( VDC ) = 2.14 \text{ es mayor que } 1.98 \text{ V} .$$

Para poder usar la fórmula del voltaje DC, se debe cumplir que el voltaje rizado pico - pico tiene que ser menor que el 10 % ( VDC ) con lo cual estamos dentro del concepto de carga ligera .

### 3.2.3. Cálculo de la resistencia térmica del disipador

La resistencia térmica entre dos puntos de un sistema conductivo es expresada por la siguiente fórmula :

$$Q1 = (T1 - T2) / PD \quad ( ^\circ C / w )$$

El calor fluye de la siguiente manera :

De la junta hacia la carcasa , luego ésta fluye hacia el disipador y a través de este hacia el ambiente.

La resistencia térmica que existe entre la junta y la carcasa es especificada en la hoja de datos del regulador , depende del material y del tamaño del regulador .

La resistencia térmica entre la carcasa y el disipador depende del montaje del regulador en el disipador , del área y de la superficie de contacto .

La resistencia térmica entre el disipador y el ambiente depende del disipador y de las condiciones del ambiente.

Por lo tanto podemos decir que la resistencia térmica entre la junta y el ambiente viene dada por la siguiente ecuación :

$$QJA = (TJ - TA) / PD \quad ( ^\circ C / W )$$

$$QJA = QJC + QCS + QSA$$

Podemos calcular las potencias disipadas en los reguladores :

$$\begin{aligned} PD(\text{reg 2}) &= (V_{in} - V_{out}) \times I_{out} \\ &= (6.83) \times 1.5 \text{ A} = 10.24 \text{ W.} \end{aligned}$$

$$PD(\text{reg 1}) = (1.98) \times 1.5 \text{ A} = 2.97 \text{ W.}$$

Calculamos la resistencia juntura - ambiente máxima para el segundo regulador (IC2) :

$$\begin{aligned} QJA \text{ max} &= (TJ \text{ max} - TA) / PD \\ &= (150 - 40) / 10.24 \text{ W} \\ &= 10.74 ( ^\circ C / W ) \end{aligned}$$

El IC2 tiene una resistencia térmica de  $35 \text{ } ^\circ C / W$  que es mayor que la calculada , por lo tanto es necesario adicionar un disipador al dispositivo .

Calculando con el disipador :

$$TJ - TA = PD ( QJC + QCS + QSA )$$

Si  $QCS = 1$  Y  $TJ = TJ_{max} = 150 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$QSA_{max} = 7.44 \text{ ( } ^\circ\text{C / W )}$$

$$QJA(ICI) = (150 - 40) / 2.97 = 37.03 \text{ ( } ^\circ\text{C / W )}$$

Como ésta resistencia térmica es mayor que la máxima calculada para este regulador (  $35 \text{ } ^\circ\text{C / W}$  ) se puede decir que no se necesita un disipador .

En la Figura 23 se muestra el diagrama completo del cargador de batería.

### 3.3. Circuitos de Conmutación

#### 3.3.1. Circuito conmutador de Fuente a Batería

Para este circuito como se puede ver en la Figura No. 24 el principio es el mismo que el relé 1 el cual posee su bobina conectada a la salida del común del relé 1, que es por donde pasaría el voltaje de la batería, y con el colector del transistor Q3. El transistor Q3 posee así mismo un Zéner (Z1) conectado en serie con la resistencia R5. El Zener se alimenta de la fuente de 12 Vdc por medio de la resistencia R5 y tiene como función mantener una corriente en la base del transistor Q3 para así hacer que el transistor Q3 entre a conducir en la zona lineal y poder energizar a la bobina del relé 2 por medio del colector.

El relé 2 tiene su contacto NO conectado a la fuente de 12 Vdc y su contacto NC conectado al común del relé 1 y el común del relé 2 esta conectado al circuito generador de alto voltaje. Como se puede ver mientras se tenga energizada la bobina del relé 2 la fuente de 12 Vdc alimentará al circuito generador de alto voltaje por medio del común del relé 2. y si desenergiza la bobina del relé 2 entrará el voltaje de la batería a alimentar al circuito generador.

### 3.3.2. Circuito para desconexión de Batería baja .

Este circuito es mostrado en la Figura No.24. La alimentación de la bobina del relé se la hace por medio de los 13.8 Vdc de la batería y por el colector del transistor Q4. En la base del transistor Q4 esta conectado un Zener (Z2) de 7.2Vdc en serie con una resistencia R6. La función del Zener es mantener una corriente para que el transistor entre a funcionar en la zona lineal y pueda energizar a la bobina por medio del colector. A medida que el voltaje de la batería (13.8Vdc) comienza a disminuir el relé se mantendrá energizado hasta que este voltaje llegue a ser menor que los 7.2 Vdc del Zener ya que en este momento deja de conducir el transistor Q4 debido a que no tiene corriente circulando por la base provocando con esto que el relé se desenergice y desconectando el voltaje al circuito de fuerza generador del alto voltaje.

Como se puede observar en la Figura ( 24 ) el contacto NO del relé1 se encuentra conectado al voltaje de la batería y el común al contacto NC del relé2 consiguiéndose con esto que mientras esté energizada la bobina del relé1 se mantendrá pasando voltaje al circuito generador de alto voltaje por medio del



común del relé 2, pero esto sucede siempre y cuando la bobina del relé 2 no esté energizada.

## 3.4. Fuente de Alimentación

### 3.4.1. Entrada AC

Un puente rectificador convencional y un Filtro capacitivo son conectados directamente a través de la línea AC, para proveer un voltaje de entrada DC, a la Fuente de Poder. Como se puede ver en la Figura No 25

Un filtro para interferencias electromagnética (EMI), formado por dos capacitores C5 y C6 y un transformador de choque T, es insertado a la entrada del rectificador. Este filtro evita que las señales de alta frecuencia generadas en la Fuente de Alimentación sean conducidas dentro la línea de alimentación AC. C5 y C6 proveen una baja impedancia hacia el terminal de tierra tanto para la línea como para el neutro de la entrada AC.

C7 provee un camino disipativo de baja impedancia para la energía de la señal de radio frecuencia (RF), que aparece a través de línea. T bloquea las señales de radio frecuencia (RF)

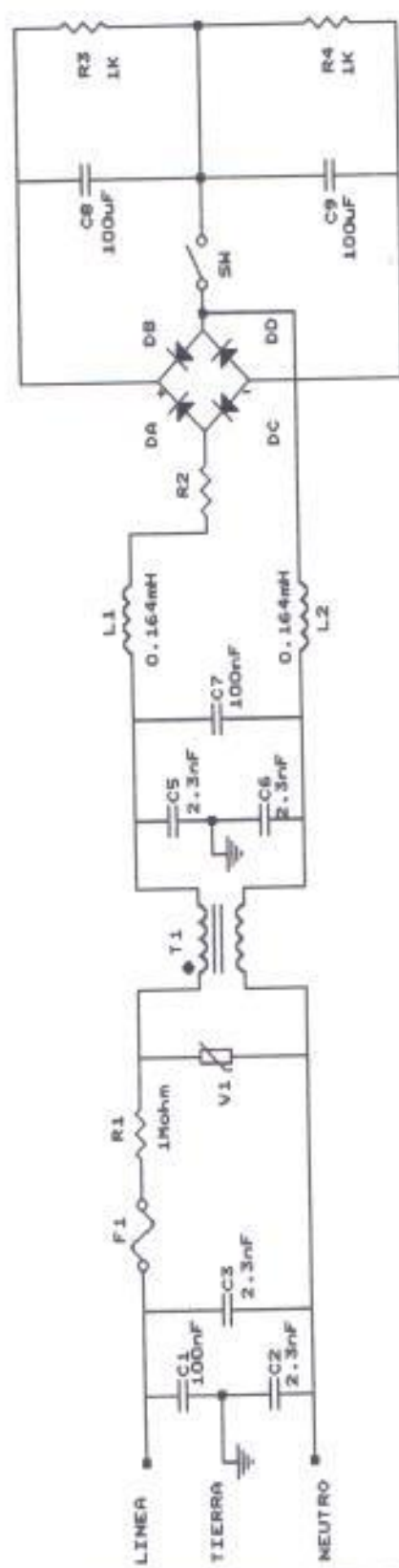


FIGURA 25 FILTRO DE INTERFERENCIA  
DE RADIO FRECUENCIA Y ALIMENTACION DC

comunes a ambos lados de la línea y los refleja hacia los elementos que presentan baja impedancia.

C1 sirve como un capacitor de paso libre de transiente para proteger la Fuente de Poder de picos de voltaje transientes que aparecen en la línea de energía AC. C1 también mejora la eficiencia del bloque formado por el filtro para interferencia de radio frecuencia (RFI) y el transformador de choque T1, finalizando la línea en una baja impedancia para absorber y disipar cualquier energía de radio frecuencia (RF) remanente.

Las capacitancias e inductancia de los componentes pueden estar dentro de los siguientes valores.

- Capacitancias entre línea y neutro  
Cx : 0.1 a 2uF.
- Capacitancias entre línea y tierra  
Cy : 2200pF a 0.033uF.
- Inductancias magnéticas acopladas  
L : 1.8mH , 25A a 47mH , 0.3A .

R1 , F1 y R2 sirven como elementos de protección para limitar la corriente que en el encendido tiende a ser elevada.

debido a que C8 y C9 están descargados. R2 es un termistor de coeficiente de temperatura negativo lo que hará que al aumentar la temperatura su impedancia baje. También se usa un dispositivo de supresión de picos, V1, que es el varistor de óxido de metal (MOV) el cual actúa como un supresor de transiente de voltaje. Este dispositivo actúa como una impedancia variable; lo que quiere decir, que cuando aparece el transiente de voltaje a través del varistor, su impedancia inmediatamente decrece a un valor bajo colocando la entrada de voltaje a un nivel aceptable. Esta configuración se puede apreciar en la Figura 25

### 3.4.2. Técnica del doblador de voltaje

La técnica del doblador de voltaje se basa en el uso de un interruptor SW como se puede ver en la Figura 25. Cuando el interruptor está cerrado, el circuito puede ser operado a un voltaje nominal de línea de 110V AC. Durante la mitad positiva del ciclo AC., el capacitor C8 es cargado al pico de voltaje,  $110V AC. \times 1.4 = 140V DC.$  a través del diodo DA. Durante la mitad negativa del ciclo el capacitor C9 está cargado a 140V DC. a través del diodo DC. Por lo tanto el resultado de

la salida DC será la suma de los voltajes a través de  $C8 + C9$  o 280 V DC. Cuando el interruptor está abierto, los cuatro diodos forman un rectificador de puente completo capaz de rectificar un voltaje nominal de línea de 220 V AC. y producir los mismos 280V DC. a la salida.

### 3.4.3. Convertidor de medio puente

Hay dos razones principales para el uso del circuito de Medio Puente. Una es permitir trabajar el convertidor desde, 110 y 220 V AC. , como entradas de voltajes sin la preocupación de usar transistores de alto voltaje, y la segunda es que se incorpora un simple medio de balanceo del intervalo volt-seg. del transistor de conmutación sin tener que usar entrehierro en el transformador de potencia o usar circuitos de corrección de simetría.

La Figura (26) muestra la entrada dual de voltaje del convertidor de medio puente. Note que en la configuración de medio puente el transformador de poder tiene un lado conectado a un potencial de voltaje flotante creado por los capacitores en serie  $C11$  y  $C12$  el cual tiene un valor de 140 V





DC. a una entrada de voltaje nominal. Un extremo del transformador está conectado a la juntura del emisor de Q2 y del colector de Q1.

El otro extremo del transformador principal se encuentra conectado entre dos condensadores C11 y C12 que están formando un filtro en conjunto con C13 y a la vez forman un camino de baja impedancia para disipar las señales de energía de RF (radiofrecuencia) que aparecen a través de la línea.

Cuando Q2 se enciende, al transformador T2 se le aplica un pulso de voltaje positivo de 140V. Cuando Q2 se apaga y se enciende Q1, a T2 se le aplica un pulso negativo de 140V. La acción de encendido y apagado de Q1 y Q2 por lo tanto generarán una onda cuadrada de 280V pp. , la cual en su momento es rectificadora y filtrada para producir un voltaje de salida DC.

Por lo tanto, en la practica se usan transistores de 400V para éste tipo de convertidores.

### 3.4.4. Diodos de conmutación

En el circuito del convertidor de medio puente Fig. 26 , los diodos D2 y D1 son usados a través de los transistores Q2 y Q1 respectivamente. estos diodos son llamados diodos de conmutación y tienen una función dual.

1. Cuando el transistor se apaga el diodo de conmutación dirige la energía del transformador de regreso a el bus principal DC. Por lo tanto los picos de energía producidos por las inductancias no están presentes.

2. El diodo de conmutación previene que el colector del transistor que ésta encendido cambie a un valor negativo respecto al emisor, en el caso que se presente una repentina situación de eliminación de carga debido a un incremento en el flujo del transformador.

Los diodos de conmutación tienen que ser de recuperación rápida con una capacidad de bloqueo de al menos dos veces el voltaje de apagado del colector emisor del transistor , en la práctica se usan diodos de un voltaje de bloqueo inverso de al menos de 450V.

### 3.4.5. Circuito Amortiguador

En la práctica no toda la energía almacenada en el primario puede ser transferida hacia el secundario, ya que el flujo del primario decae al enlazar el secundario. Un circuito que usa éste transformador se comporta como si una pequeña fracción de la inductancia del primario no estuviera devanada en el núcleo del transformador, pero que está ubicada a parte del primario y en serie con él. Esta pequeña inductancia actuando separadamente no participa en la acción del transformador y es llamada inductancia parásita (leakage).

Si el circuito resonante, mostrado en la Figura 26 que está formado por ésta inductancia y la capacitancia parásita en el circuito adyacente tiene suficiente potencia reactiva  $Q$  almacenada (relativamente bajas pérdidas de resistencias), una oscilación amortiguada ocurrirá en éste circuito resonante cuando el transistor se abra. El valor pico de la oscilación se sumará al VCE de Q1, el cual aparece a través del transistor después de que éste se apaga, lo mismo para Q2. El pico combinado mas el VCE puede exceder el rango de ruptura del

3.4.7 cuales se derivan de la rectificación directa y el filtrado de los voltajes del secundario del transformador y en algunos casos del filtrado directo de reguladores. Estas salidas son normalmente de bajo voltaje, corriente directa, y capaz de entregar cierto nivel de potencia para manejar componentes electrónicos y circuitos. Los voltajes de salidas más comunes son : cinco y doce voltios positivos y negativos y la capacidad de potencia puede variar desde pocos vatios hasta miles de vatios.

Los voltajes de secundario más comunes que tienen que ser rectificadas en una fuente de poder de conmutación son ondas cuadradas de alta frecuencia, las cuales requieren componentes especiales tales como : diodos Schottky o rectificadores de rápida recuperación , capacitores de baja resistencia equivalente en serie, e inductores que almacenen energía, para producir salidas de bajo ruido útiles a la mayoría de los componentes electrónicos.

### 3.4.7. Rectificación de salida

El esquema de filtrado y rectificación de salida usado en una fuente de poder depende del criterio del diseñador.

Uno de los convertidores que utiliza nuestra fuente de poder es el Convertidor Directo (Fig. 27a). Este convertidor muestra el diodo D2 llamado diodo de paso libre, en adición con L1 que precede al capacitor de salida. El diodo D2 provee corriente a la salida durante el periodo de apagado ; por lo tanto la combinación de diodos D1 y D2 deben ser capaz de entregar corriente completa de salida, mientras sus voltajes inversos de bloqueo son iguales.

En éste mismo esquema explicativo mostramos la sección de salida de un convertidor directo con toma central (Fig 27b) en el cual los dos diodos D1 y D2 proveen corriente a la salida por aproximadamente medio ciclo, compartiendo la corriente de carga equitativamente. No se necesita ningún diodo de paso libre ya que cualquiera de los diodos actúa como diodo de paso libre cuando el otro se encuentra apagado.



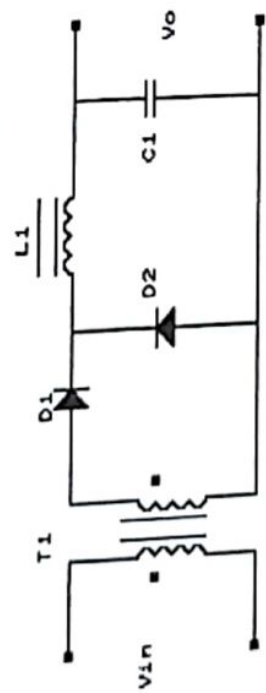


FIGURA 27(a) CONVERTIDOR DIRECTO

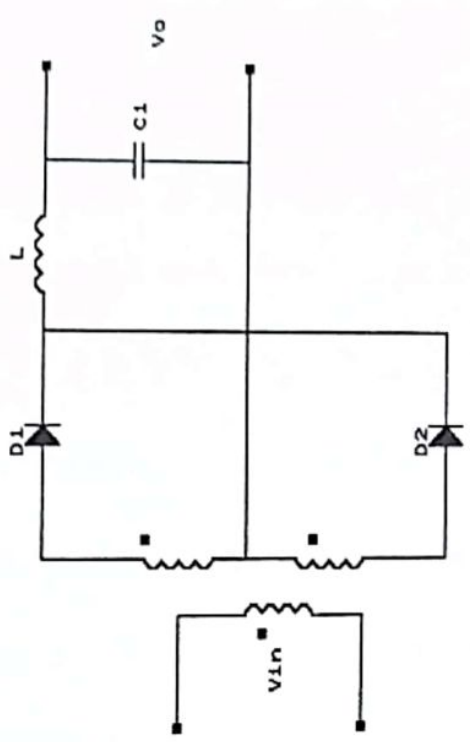


FIGURA 27 (b) CONVERTIDOR DIRECTO CON TOMA CENTRAL



# CAPITULO IV

## CONSTRUCCION FISICA DE LA MALLA ELECTRIFICADA

### 4.1. Introducción

La construcción de la Malla Electrificada se realizó en una vivienda de 10 metros de frente por 20 metros de costado, que contaba con la característica ideal para poder colocar el sistema, esto es poseer un muro alto alrededor de la vivienda, muro sobre el cual se colocó la Malla Electrificada ver figura 28.

La Malla Electrificada que se instaló básicamente consta de tres elementos principales: los soportes, los aisladores y el alambrado.

**Soportes.** Los soportes aguantan la tensión de los alambres que conforman la Malla Electrificada, sirven de tierra para la Malla, y sobre ellos se colocan los aisladores y anillos.



FIGURA 28.- VIVIENDA DONDE SE INSTALO LA MALLA ELECTRIFICADA

**Aisladores.** Por los aisladores pasan las líneas de Alto Voltaje de la Malla Electrificada y su función principal es presentar una alta impedancia entre las líneas y los soportes, para impedir que existan corrientes de fuga hacia los soportes que se encuentran aterrizados.

**Alambrado.** Consiste en la elección y colocación de los tipos de alambre utilizados en la Malla Electrificada, y sus características principales.

En cada uno de los elementos que conforman la Malla se tomó en cuenta el factor costo, tratando siempre de tener lo mejor al menor precio. A continuación se describe las características y detalles de estos elementos, así como su colocación y pruebas hechas.

## 4.2. Soportes

Los soportes utilizados tenían que cumplir cuatro condiciones:

- Primero, tener gran resistencia mecánica, puesto que tienen que soportar la tensión de los alambres de la Malla

Electrificada sin deformarse. Esto es primordial para los soportes que son colocados en las esquinas, ya que son los que verdaderamente resisten la tensión del alambrado, mientras que los demás sirven mas bien de guías.

- Segundo, estar protegidos contra la corrosión, debido a que van a estar permanentemente a la intemperie.
- Tercero, ser conductor para que sirva de referencia del alto voltaje, y pueda proporcionar un camino de corriente a Tierra.
- Cuarto, no ser de gran espesor, para no ir contra la estética del lugar donde se instala la Malla Electricada.

Los soportes que se escogieron y cumplieron con estas cuatro condiciones fueron tubos cilíndricos de acero galvanizado de 1.5 pulgadas de diámetro, cortados en longitudes de 1.5 y 2 metros.

Para evitar que la vivienda fuera fácilmente accesible desde las casas vecinas ,se colocó soportes de 2 metros de longitud, de manera que la malla sea más alta, en estos sitios .Ver figura 29.





FIGURA 29 .- VISTA PARCIAL DE LA MALLA DONDE SE UTILIZO SOPORTES DE DOS METROS

En cada soporte se colocó aisladores y anillos, de la siguiente forma:

En los sopotes de 1.5 metros se colocó 3 aisladores y 3 anillos.

En los soportes de 2 metros se colocó 5 aisladores y 4 anillos

Los puntos sobre los cuales fueron colocados los aisladores y los anillos para cada tipo de soporte se muestra en las figuras 30 y 31.

De esta forma en la Malla se utiliza un total de 66 aisladores y 42 anillos. Los anillos son tuercas metálicas que van unidas directamente al soporte y cuya función es llevar los alambres de referencia que sirven para cerrar el circuito; formado por , las líneas de alto voltaje y los alambres de referencia (unidos a los soportes aterrizados, a través de los anillos).

Todos los soportes fueron empotrados 0.5 metros, en los pilares del muro alrededor de la casa y colocados a una distancia de 3,3 metros uno del otro. En la figura 32 se observa una vista superior especificando la longitud del soporte colocado en cada pilar y las distancias a las cuales fueron colocados uno del otro.





FIGURA 30.- DISPOSICION DE LOS AISLADORES Y ANILLOS SOBRE LOS SOPORTES DE 2 METROS



FIGURA 31.- DISPOSICION DE LOS AISLADORES Y ANILLOS SOBRE LOS SOPORTES DE 1.5 METROS

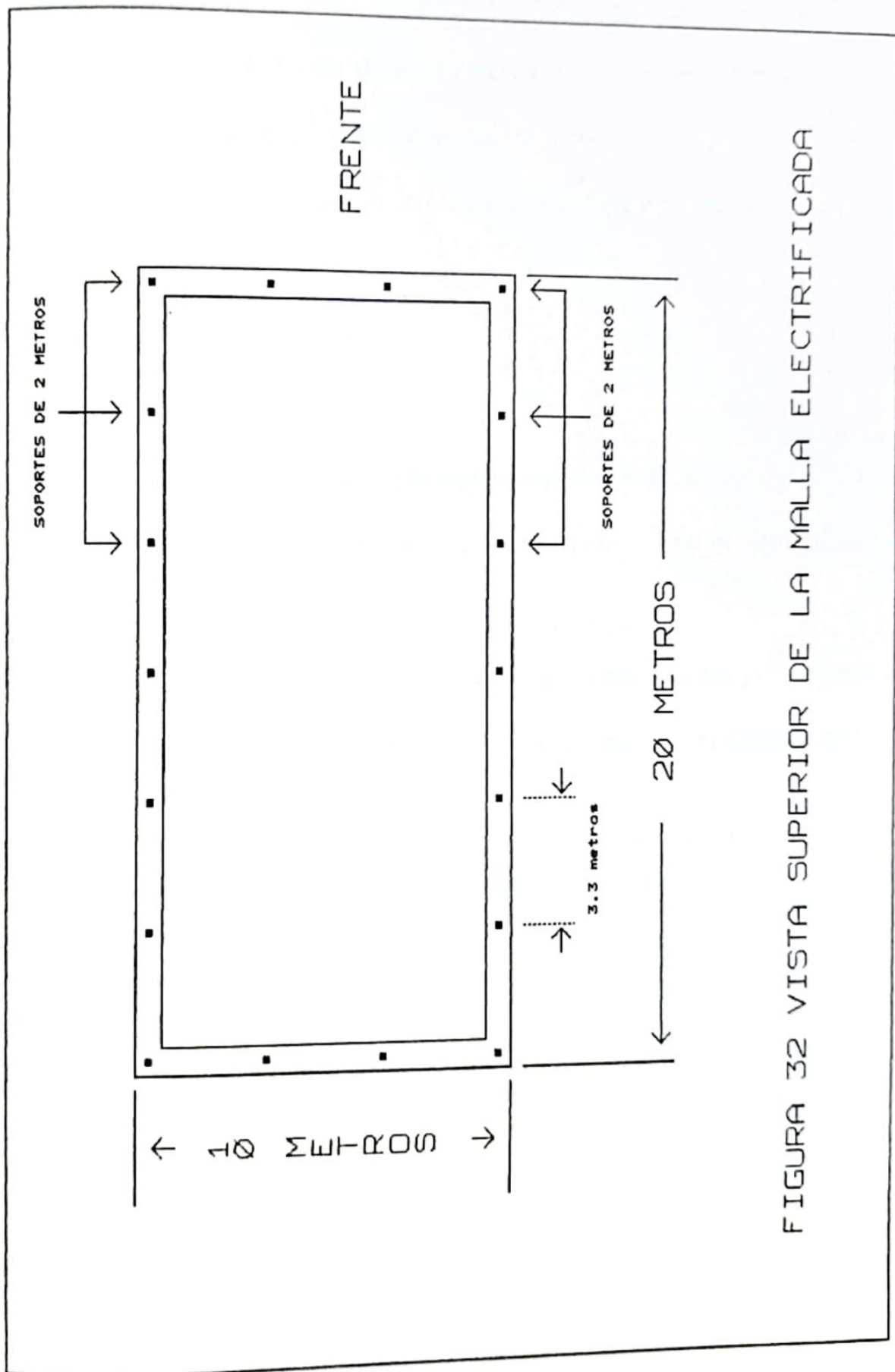


FIGURA 32 VISTA SUPERIOR DE LA MALLA ELECTRIFICADA

Los soportes cuando se empotraron fueron soldados a una de las varillas de hierro de los pilares, para que de esta forma todos estén aterrizados y sirvan de referencia, ver figura 33, con respecto a la cual se mide el alto voltaje aplicado a la Malla Electrificada.

### **4.3. Aisladores**

El aislamiento es la parte más importante del equipo, pues de éste depende que la malla pueda mantener o no el alto voltaje que se le aplica.

Como se indica más adelante, los primeros intentos por generar el alto voltaje fueron frustrados precisamente por el aislamiento.

Se ha utilizado el mismo tipo de aislador de Cerámica con dos formas distintas: Uno que es llamado aislador tripa de pato de Cerámica que se utiliza en los soportes intermedios, y que sirven de guía, y los otros, aisladores cilíndricos que son utilizados en las esquinas por su contextura más compacta y resistente para que soporten la tensión del cable utilizado en la Malla.





FIGURA 33.- VISTA LATERAL DONDE SE OBSERVA LOS  
SOPORTES COLOCADOS SOBRE LOS PILARES

Ambos aisladores son usados por la empresa eléctrica (EMELEC) en el tendido de la red de 110/220V en la ciudad, ver figuras 34 y 35.

Se preguntarán que si son usados en líneas de 110/220V, entonces su aislamiento ha de ser solo para voltajes que esten en este orden, es decir de unos cuantos Megaohmios a ese voltaje. Nosotros también lo creimos así pero, al medir la impedancia con un instrumento para medir el aislamiento en los devanados de un motor (Meger), generando voltajes DC de 500, 1000, 2500 y 5000V e indicando el valor en ohmios en una escala analógica, encontramos que a 5000V este tipo de aislador nos daba un valor de 10000 Megaohmios, lo que nos pareció un valor más que adecuado para utilizarlo como aislador en la malla electrificada.

#### **4.3.1. Pruebas y resultados obtenidos**

Las pruebas que más tarde se hicieron nos demostraron que no necesariamente eran los adecuados por tres razones fundamentales:

Pimero los aisladores iban a estar unidos a través del alambre que lleva el alto voltaje de la Malla



FIGURA 34.- AISLADORES CILINDRICOS COLOCADOS EN LOS SOPORTES ESQUINEROS



FIGURA 35.- AISLADORES TRIPA DE PATO DE CERAMICA EN LOS SOPORTES INTERMEDIOS



Electrificada, dando como resultado que todos los aisladores esten en paralelo, de tal forma que como los aisladores colocados en la malla alrededor de toda de la casa son 66, la impedancia total en las líneas va a ser igual a la impedancia que presenta un aislador dividida para 66, así para 5000V tenemos  $10000 \text{ Megaohmios}/66 = 150 \text{ Megaohmios}$ , que es aproximadamente al valor de la impedancia medida en la malla de 180 Megaohmios con el medidor de aislamiento (Meger).

Segundo, la no linealidad de la impedancia de los aisladores con respecto al voltaje aplicado, es decir, el aislador presenta valores distintos de impedancia a distintos valores de voltaje, en una característica no lineal, de tal forma que mientras más grande el voltaje aplicado, la impedancia que presenta el aislador comienza a caer más rápidamente hasta llegar al punto de ruptura del aislador que es el voltaje al cual su impedancia cae bruscamente a casi cero.

Nos pudimos dar cuenta que al medir la impedancia que se presentaba en la malla con el medidor de aislamiento (Meger) a 2500V, este era del orden de 2000 Megaohmios, que comparado con el valor medido a 5000V, nos indica que al aumentar el voltaje de 2500 a 5000V, es decir duplicando el voltaje, la impedancia de los aisladores se hace 10 veces menor. A partir del valor de 2000 Megaohmios de la impedancia en la malla a 2500V, podemos hallar la impedancia de cada uno de los aisladores a ese voltaje, multiplicando 2000 Megaohmios\*66= 132000 Megaohmios que sería también aproximadamente 10 veces mayor que la impedancia presentada por los mismos aisladores a 5000V.

De esta forma si el voltaje que aplicamos es mayor a 5000V lo único que podemos esperar es que la impedancia en la malla disminuya aún más hasta llegar al punto de ruptura donde la impedancia caería a cero.

El tercer factor es que los aislantes invariablemente contienen algunas cavidades o huecos dentro del

aislante o en los bordes entre el aislante y el cable de la malla. Estas cavidades son generalmente llenadas con aire el cual tiene una tensión de ruptura inferior a la del dieléctrico del material aislante. Además, la constante dieléctrica de el aire entre el cable y el aislante es menor que la constante dieléctrica del aislante, lo cual causa que la intensidad del campo eléctrico en ese espacio sea más alta que en el dieléctrico. Por consiguiente, bajo tensiones de trabajo normal el voltaje a través de esa abertura puede exceder su valor de ruptura y el aire se rompe.

La figura 36 muestra una sección transversal del aislador con el cable de la malla, junto con su circuito análogo. En el circuito análogo la capacitancia  $C_c$  corresponde al espacio entre el cable y el aislador, el cual estará lleno de aire, y  $C_b$  que corresponde a la capacidad del dieléctrico el cual esta en serie con  $C_c$ . Como  $t \ll d$ , el voltaje a través de  $C_c$  es dado aproximadamente por la expresión :

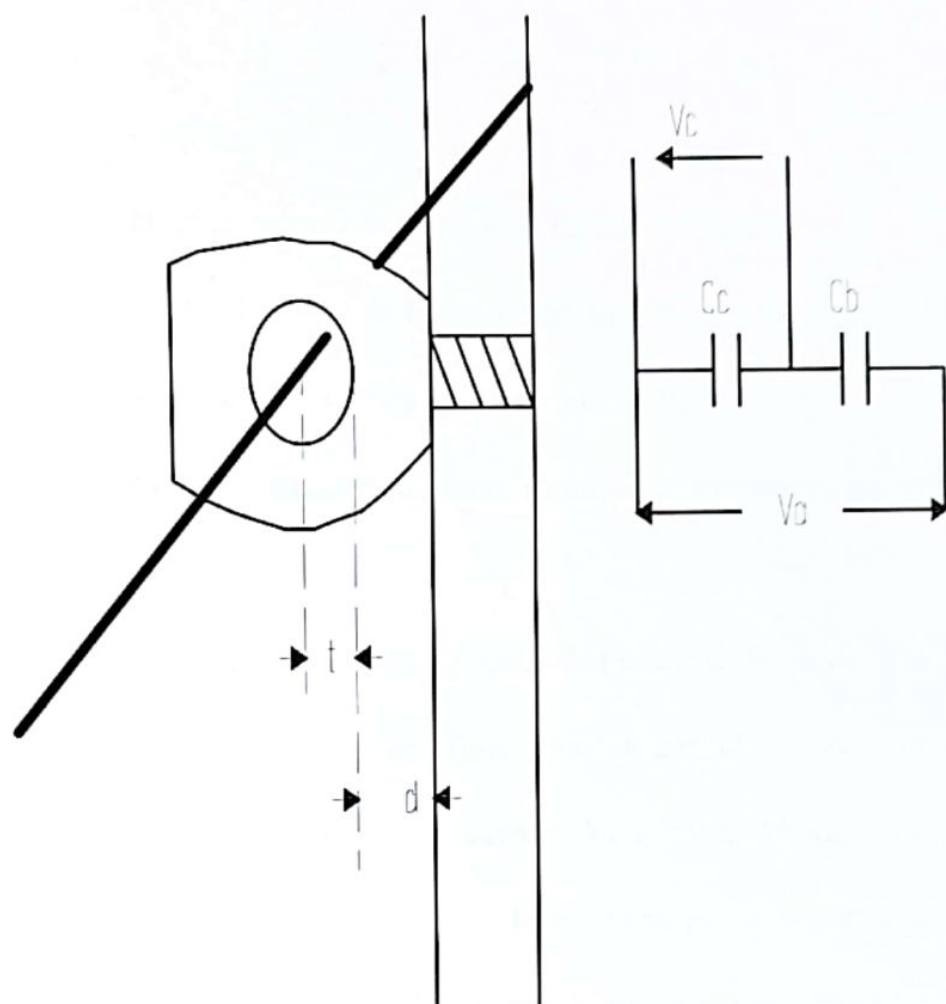


Figura (36) Vista lateral del aislador tripa de pato

$$V_c = V_a \cdot \epsilon_r \cdot t/d$$

donde

$\epsilon_r$  es la permitividad relativa del dieléctrico.

$V_c$  es el voltaje de la capacitancia

$V_a$  es el alto voltaje aplicado a la malla

La demostración de esta fórmula se encuentra en el Anexo C.

Así para un voltaje aplicado  $V_a$  entre la línea de alto voltaje y el soporte (que viene a ser el alto voltaje aplicado a la malla), cuando  $V_c$  alcanza el valor de ruptura, que es la máxima tensión que puede soportar el aire en la abertura  $t$ , este se rompe. Esto generaría un pulso de corriente cada vez que el alto voltaje alcance el voltaje de ruptura del aire.

### 4.3.2 Resultado final

De ésta forma se puede comprender porque los primeros intentos de generar el alto voltaje solamente con una bobina de carro y con un transformador fueron fallidos. Con el transformador y la bobina los pulsos de



alto voltaje del orden de los 10KV-12KV con frecuencias de alrededor de los 100Hz, generados siguiendo el mismo principio que el transformador generador de alto voltaje explicado en el capítulo 1, hacían que la impedancia de los aisladores disminuya demasiado, de tal forma que la impedancia equivalente del paralelo de todos los aisladores en la malla disminuya a un valor tan pequeño que la poca energía que tenían estos pulsos se consumía rápidamente o lo que es lo mismo el pico de los pulsos decaiga considerablemente.

Como vemos los tres factores que se mencionaron evitaban que los pulsos de alto voltaje se mantengan en la malla. Para solucionar esto, primero tuvimos que bajar el voltaje de la malla electrificada, para que la impedancia de los aisladores no caiga a un valor muy bajo, y segundo incorporar algún elemento que puede dar la corriente perdida por la carga.

La solución como se ve en el capítulo 1 fue colocar una red de capacitores y diodos que almacenen la energía

de los pulsos de alto voltaje generados por el transformador o la bobina, a relativamente alta frecuencia, alrededor de 1Khz (con lo que se descarta la bobina que solo trabaja con frecuencias bajas ) para que la restitución de la energía a los capacitores en caso de un toque sea rápida.

#### 4.4. Alambrado

Para esto se utilizó dos tipos de alambre, uno para la línea que lleva el alto voltaje y otro para la referencia.

La razón de utilizar una línea de referencia en la malla además de la línea de alto voltaje, fue evitar que una persona que tenga los pies totalmente aislados (botas con suelas de cuero doble , de caucho, etc) pueda tocar las líneas de alto voltaje y talvés escalarlas sin sufrir ningún efecto, como se probó previamente. Con las líneas de referencia puestas la cosa cambia, puesto que el alto voltaje y la referencia en la malla estan colocados en forma alternada, el intruso ya no solo tiene que estar preocupado de usar aislamiento en sus pies sino en todo su cuerpo en el caso de que quiera escalarla o pasar a través de ella, porque recibira una

descarga entre cualquiera de dos puntos del resto de su cuerpo que toquen la línea de alto voltaje y la línea de referencia.

La línea de alto voltaje es alambre MOTO triple galvanizado, mientras que para la referencia se utilizó alambre número 14 galvanizado .

La razón para utilizar dos tipos de alambre distintos es la resistencia que presentan uno y otro a un esfuerzo tangencial (corte).

El alambre MOTO es realmente difícil de cortar, y para hacerlo debe contarse con una gran cizalla y ejercer mucha fuerza. Este se utilizó en las líneas de alto voltaje por que son las que realmente dan la protección contra la entrada de algún intruso. El otro alambre es relativamente fácil de cortar , pero como este es solamente la referencia su importancia es menor. y en el caso de ser cortado, los soportes siguen cumpliendo la función de ser la referencia de la Malla, manteniendo el sistema igual de seguro.

Los alambres que llevan el alto voltaje estan puenteados, de tal forma que cada línea esta en paralelo con la otra, lo mismo para

los alambres de la referencia con el objetivo de que si se corte uno de ellos, los demás no se afectaran. lo que no sucedería si estuvieran en serie.

La longitud total utilizada para cada uno de los alambres es la siguiente:

Alambre MOTO triple galvanizado ..... 204  
metros

Alambre número 14 galvanizado ..... 192 metros

A continuación de este capítulo se colocan las figuras 37, 38 y 39 para dar una mejor idea de como quedo la malla instalada.





FIGURA 37.- VISTA DE UN SOPORTE ESQUIENRO



FIGURA 38.- VISTA DE LA MALLA DESDE EL INTERIOR DE LA VIVIENDA





FIGURA 39.- VISTA LATERAL DE LA MALLA ELECTRIFICADA

**ANEXO A**

**MANUAL DEL USUARIO**

## MANUAL DEL USUARIO

### **Descripción general y precauciones del sistema**

Debido a que el sistema produce descargas de alto voltaje se deben tener las siguientes precauciones.

No tocar los cables de salida del equipo, ni los cables que cierran el cerco. Si se toca la malla cuando se encuentra energizada, se producirá una descarga de los 3000V. por dicho objeto, en forma instantánea. Si se trata de alguna persona, esta es repelida instantáneamente por su propio instinto, produciéndole quemaduras.

En caso de haberse producido un cortocircuito en las líneas por algún tiempo, el sistema alcanzará nuevamente el alto voltaje en alrededor de 10seg.

El sistema está conectado de forma que al cortar una de las líneas del cerco, las restantes seguirán funcionando y protegiendo.

A lo anterior se agrega que el momento de el conacto , o rompimiento del cable, se enclavará una alarma hasta que se presione su pulsador de reseteo.

## PASOS PARA SU FUNCIONAMIENTO

Luego de ser alimentada por 110V. ac, se considera la siguiente secuencia de encendido.

### *Encendido:*

- Encender con el interruptor encendido-apagado (ON-OFF).
- Encender el interruptor de la Batería,( este interruptor conecta la batería al circuito, de tal forma que cuando se produzca un corte de energía, automáticamente entre a funcionar el equipo con la batería. El interruptor no involucra el cargador de Batería, es decir que siempre la batería estará cargándose).

Adicionalmente se encuentra en el panel el pulsador de reseteo de la alarma que debe ser pulsado para apagar la alarma.

### *Apagado:*

- Desconectar el interruptor de la Batería.
- Desconectar el interruptor encendido-apagado (ON-OFF).

## **ANEXO B**

**FUNCIONAMIENTO Y TABLAS  
CARACTERISTICAS DE:**

**TEMPORIZADOR 555**

**COMPARADOR LM311**

**REGULADOR LM338**



## 1.- Temporizador 555

El temporizador 555 es un circuito integrado específicamente diseñado para generar funciones de tiempo. Permite una gran versatilidad en su uso. Opera en un amplio rango de fuentes de alimentación, y es capaz de proporcionar hasta 200mA. Con unos pocos componentes externos se puede trabajar en un rango que comprenda frecuencias de algunos Mhz.

El fundamento del 555, consiste en un divisor de voltaje y dos comparadores. La referencia de voltaje del comparador 1 es  $\frac{2}{3}$  de  $V_{cc}$  mientras que la referencia del segundo comparador es  $\frac{1}{3}$  de  $V_{cc}$ . Cuando el voltaje en el pin 6 exceda  $\frac{2}{3}$  de  $V_{cc}$ , el comparador 1 hace que el flip-flop tenga una salida en alto. Un alto del Flip-Flop satura al transistor de descarga y hace que la salida del amplificador sea baja. Estas condiciones persistirán hasta que el comparador 2 dispare el Flip-Flop.

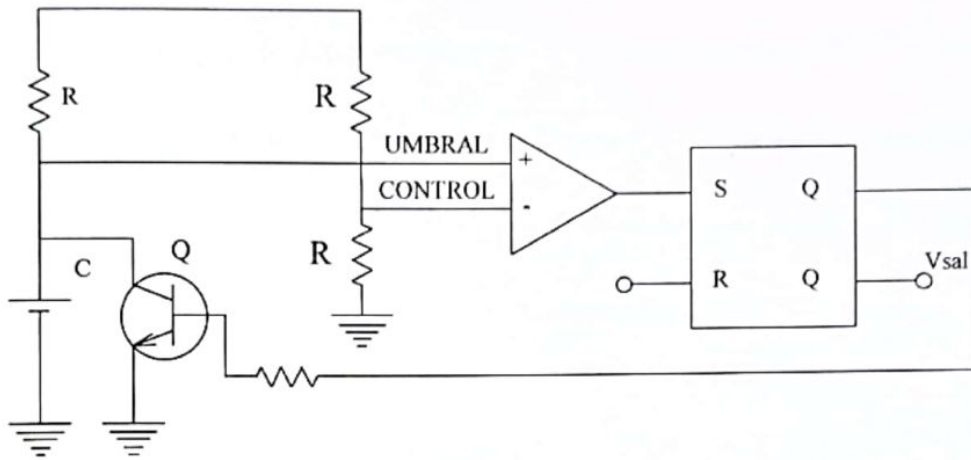


Figura (1a) Circuito básico de Temporización

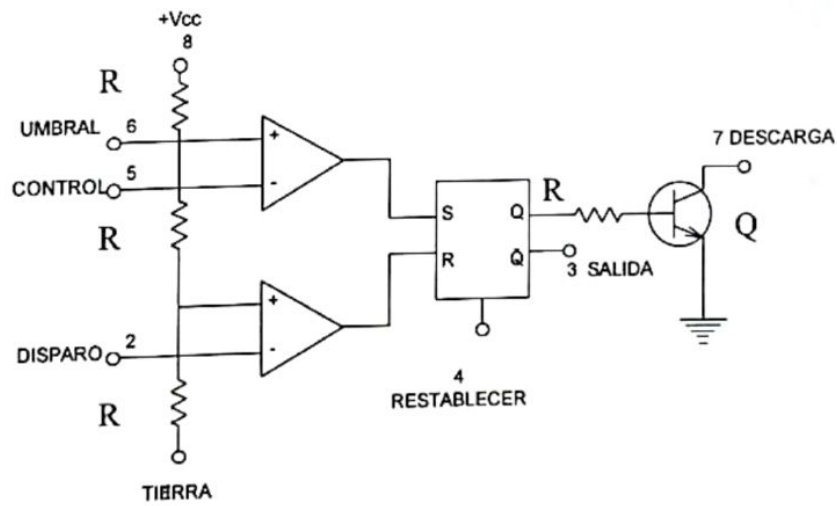


Figura (1b) Diagrama simplificado del temporizador 555

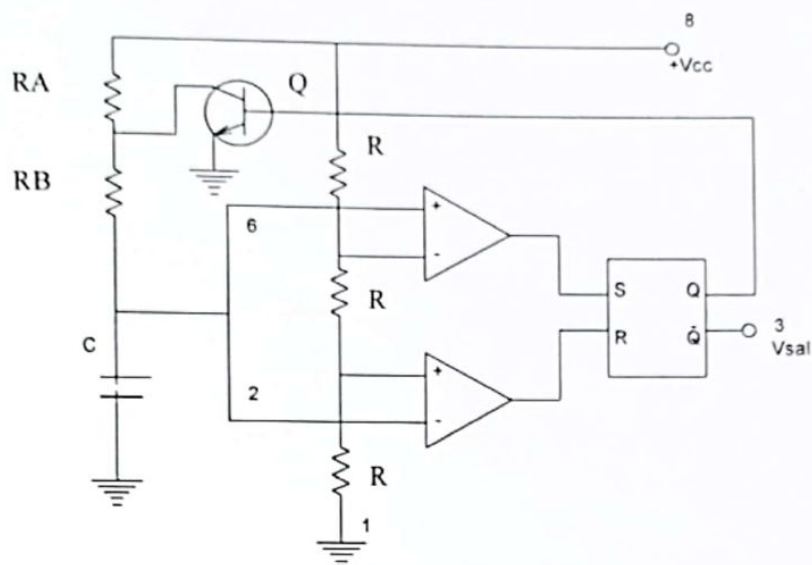
Para forzar la salida del temporizador 555 a nivel bajo el voltaje en el pin 6 debe exceder  $2/3$  de  $V_{cc}$ . Esto también enciende el transistor de descarga. Para forzar la salida del temporizador a nivel alto el voltaje en el pin 6 debe ser menor que  $1/3$  de  $V_{cc}$ , esto apaga al transistor de descarga.

### 1.1. Funcionamiento astable

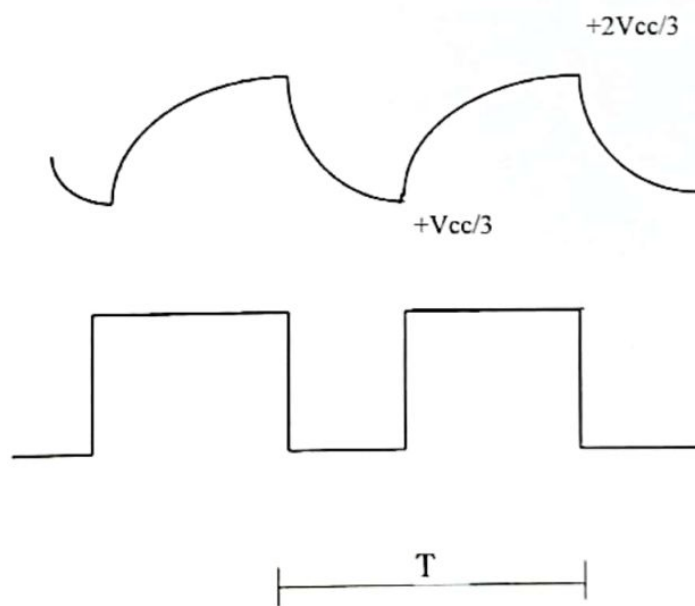
La Figura (2a) muestra el 555 conectado para funcionamiento *astable*. Cuando Q está en nivel bajo el transistor está en corte y el capacitor se va cargando a través de una resistencia en serie total de  $R_A + R_B$ . La constante de carga es  $C(R_A+R_B)$ . A medida que se carga el capacitor aumenta el voltaje de umbral y finalmente supera el voltaje  $2V_{cc}/3$ . En ese momento la salida del comparador superior pasa a nivel alto poniendo en salida alta al flip-flop. Cuando Q está en alto satura al transistor que pone a referencia el terminal 7. El capacitor entonces se descarga por  $R_B$ . La constante de tiempo de descarga es  $R_B C$ . Cuando el voltaje del capacitor es ligeramente menor que  $+V_{cc}/3$  el comparador inferior conmuta la salida a nivel alto restableciendo (reposición) el flip-flop.

En la Figura (2b) pueden verse las formas de onda correspondientes. Como puede advertirse la carga y la descarga del capacitor son ondas exponenciales. La salida es una onda rectangular. Puesto que la constante de tiempo de carga es mayor que la de descarga.

En el circuito armado, el pin de reseteo del IC 555 está sujeto a un control que proviene de el circuito digital de encendido y reencendido usado para el control de la generación del alto voltaje en caso de que se produzca un corto circuito. Esta función es explicada con mayor detalle al analizar el circuito digital de encendido.



(a)



(b)

Figura 2 (a) Temporizador 555 conectado como multivibrador astable  
 (b) Formas de onda del capacitor y la salida



## 1.2. Demostración de la fórmula para t. alto y t. bajo.-

$$V(t) = A ( 1 - e^{-t/RC} ) \quad \text{carga de un circuito RC}$$

Para el tiempo que toma al circuito para cargarse desde 0 hasta  $2V_{cc}/3$

$$2V_{cc}/3 = V_{cc} ( 1 - e^{-t/RC} )$$

$$2/3 = 1 - e^{-t/RC}$$

$$e^{-t/RC} = 1/3$$

$$-t / RC = \ln (1/3) = -1.09$$

$$t = 1.09RC$$

Para el tiempo que toma al circuito cargarse desde 0 hasta  $V_{cc}/3$

$$V_{cc}/3 = V_{cc} ( 1 - e^{-t/RC} )$$

$$1/3 = 1 - e^{-t/RC}$$

$$e^{-t/RC} = 2/3$$

$$-t/RC = \ln (2/3) = - 0.405$$

$$t = 0.405RC$$

Por lo tanto el tiempo de carga desde  $V_{cc}/3$  hasta  $2V_{cc}/3$  es :

$$t_{\text{alto}} = 1.09RC - 0.405RC = 0.69RC$$

$$t_{\text{alto}} = 0.69 (R_A + R_B) C$$

La salida es bajo mientras el capacitor se descarga desde  $2V_{cc}/3$  hasta  $V_{cc}/3$ .

$$V(t) = A e^{-t/RC}$$

$$V_{cc}/3 = 2V_{cc}/3 e^{-t/RC}$$

$$1/2 = e^{-t/RC}$$

$$-t/RC = \ln(0.5) = -0.69$$

$$t = 0.69RC$$

$$t_{\text{bajo}} = 0.69R_B C$$

## 2.- Descripción del comparador LM311

El LM311 es un comparador que está diseñado para operar en una amplitud mayor de voltajes de las alimentaciones estándar de amplificación operacional = 15 V. Su salida es compatible con los circuitos RTL, DTL y TTL , además puede impulsar lámparas o relés, seleccionar voltajes hasta 40V a corrientes tan altas como 50mA.

Tanto la entrada como la salida del LM311 pueden aislarse de la tierra del sistema, y la salida puede impulsar cargas referidas a tierra, alimentación positiva o alimentación negativa.

Cuando se emplea un comparador de alta velocidad como el LM311, con alta señal de entrada y bajas impedancias de fuente, normalmente la respuesta de salida será rápida y estable, suponiendo que la alimentación se haya polarizado (con capacitores de disco de 0.1uF) y que la señal de salida se conduzca lejos de las entradas (terminales 2 y 3) y también lejos de los terminales 5 y 6.

**ANEXO C**

**LISTA DE ELEMENTOS**

**Y**

**TABLAS DE CARACTERISTICAS**

### Características del LM311

Opera con una entrada única de 5V

Corriente máxima de entrada: 250nA

Corriente máxima de compensación 50nA

Alcance de voltaje diferencial de entrada = 30V

Consumo de energía: 135mW a = 15V

Tabla No 1 Características del LM311

<b>ALIMENTACION TOTAL DE</b>	<b>36V</b>
<b>VOLTAJE</b>	
Salida del voltaje negativo de alimentación	40V
Voltaje diferencial de entrada	= 30V
Disipación de energía	500mW
Rango de temperatura de operación	0°C a 70 °C

Tabla No 2 Valores Máximos Absolutos de Alimentación



<b>PARAMETROS</b>	<b>MIN</b>	<b>TIP</b>	<b>MAX</b>	<b>UNID</b>
Corriente de polarización de entrada.		100	250	nA
Ganancia de Voltaje	40	200		V/mV
Voltaje de saturación		0.75	1.5	V
Corriente de polarización de entrada			300	nA
Voltaje de saturación	-14.5	13.8,-14.7	13.0	V

Tabla No 3 Características Eléctricas del LM311

## . - Descripción del LM338

El LM338 es un regulador positivo de voltaje, de tres terminales capaz de proveer un máximo de 5A. en un rango de 1.2V a 32 V de salida . Son sumamente fáciles de usar y requieren solamente dos resistores externos para fijar el voltaje de salida. El cuidadoso diseño del circuito resulta en un gran manejo de carga y una regulación de línea que se puede comparar con muchas fuentes comerciales.

Una característica única de la familia de los LM338 es su limitador de corriente dependiente del tiempo. La circuitería limitadora de corriente permite que picos de hasta 12A puedan ser eliminados del regulador durante un corto periodo de tiempo. Esto permite que el LM338 pueda ser usado con cargas de gran transiente y que bajo condiciones de carga sostenida el límite de corriente decrezca a un valor seguro y proteja el regulador . También están incluidos en el integrado una protección de sobrecarga térmica y un área de seguridad para protección del transistor de potencia.

Normalmente no se necesitan capacitores a menos que el dispositivo esté muy alejado de los capacitores del filtro rectificador de entrada, en cuyo caso es necesaria una entrada de derivación. Un capacitor de

salida adicional puede ser añadido para mejorar la respuesta transiente. En la Tabla No.14 del Anexo 2 se incluye las características funcionales del LM338.

### 3.1. Sugerencias de aplicación

En operación el regulador LM338 desarrolla un voltaje de referencia nominal de 1.25V  $V_{REF}$ , entre la salida y el terminal de ajuste. El voltaje de referencia se muestra a través del resistor  $R_1$  y ya que el voltaje es constante una corriente constante  $I_2$  fluirá a través del resistor de salida  $R_2$ , y se obtendrá la siguiente expresión para el  $V_{out}$ .

$$V_{out} = V_{ref} ( 1 + P_2/R_1 ) + I_{ADJ} \cdot P_2$$

Ya que la corriente de 50uA. del terminal de ajuste representa un término de error, el LM338 fue diseñado para minimizar  $I(ADJ)$  y hacerla constante con respecto a los cambios de línea y de carga. Para hacer esto toda corriente de operación es retornada a la salida estableciendo un requerimiento de corriente mínima de carga. Si no hay suficiente carga a la salida, la salida aumentará. En la Tabla No. 15 del Anexo B se incluye las características Eléctricas del LM338

### 3.2. Regulación de carga

El LM338 es capaz de proveer una buena regulación de carga pero para esto deben tomarse algunas precauciones.

El resistor conectado entre el terminal de ajuste y el terminal de salida (usualmente 240 ohm) debería ser ajustado directamente a la salida del regulador en lugar de cerca de la carga . Esto impide que la línea aparezca en serie con la referencia y degrade la regulación.

### 3.3. Diodos de protección

Cuando capacitores externos son usados con cualquier regulador Integrado, es necesario algunas veces añadir diodos de protección para evitar que los capacitores se descarguen a través de puntos de baja corriente en el regulador . Cuando un capacitor de salida es conectado a un regulador y la entrada es cortada, el capacitor de salida se descargará en la salida del regulador. La corriente de descarga depende del valor del capacitor, del voltaje de salida del regulador, y del rango de disminución de  $V_{in}$ . Para capacitores de salida de 100uF o

menos y para salidas de 15V o menos, no hay necesidad de usar diodos.

Para nuestro caso hemos utilizado un condensador de tantalio de  $1\mu\text{F}$ . y un condensador electrolítico de  $10\mu\text{F}$  a 16 V. , los cuales son utilizados para evitar variaciones en el voltaje de ajuste debido al efecto de carga.

Si se usan los condensadores para eliminar las oscilaciones es necesario algunas veces incluir diodos de protección para prevenir la descarga del capacitor a través de caminos de baja corriente y dañar el dispositivo.



<b>Características del LM338</b>	
Corriente pico de salida garantizada de 7A.	
Corriente de salida 5A.	
Voltaje de ajuste 1.2 V.	
Regulación típica de línea 0.005%/V	
Regulación de carga 0.1%	
Regulación térmica garantizada	
Limitación de corriente constante con la temperatura	
Regulador de tres terminales.	
<b>Disipación de Potencia</b>	<b>Limitación interna</b>
Voltaje diferencial de entrada - salida.	35V
Rango de Temperatura de Operación de Juntura	
LM138	-55' C a + 150' C
LM238	-25' C a + 150' C
LM338	0' C a + 125' C
Temperatura Almacenada	-65' C a + 150' C
Temperatura límite (soldadura, 10seg.)	300' C

Tabla No. 4 Características Funcionales del LM338

Parámetros	LM338	UNIDADES			
		MIN	TIPICO	MAX	
Regulación de línea			0.005	0.03	%/V
Regulación de carga			5	25	mV
			0.1	0.5	%
Regulación térmica			0.002	0.03	%/W
Ajuste de corriente de pin			45	100	uA
Voltaje de referencia	1.19		1.24	1.29	V
Regulación de línea			0.02	0.06	%/V
Regulación de carga			20	50	mV
			0.3	1.0	%
Estabilidad de temp.			1		%
Corriente mínima de carga			3.5	10	mA
Corriente límite DC	5.0		8		A
			1		A
Resistencia térmica empaque K				1.0	°C/W

Tabla No. 5 Características Eléctricas del LM 338

## LISTA DE ELEMENTOS

### RESISTENCIAS

R1 = 1.1 ohm	R16 = 8.2K
R2 = 1.1 ohm	R17 = 220 K
R3 = 1.1 ohm	R18 = 80 ohm
R4 = 250 ohm	R19 = 2.2 Mohm
R5 = 15 ohm	R20 = 2.2 K
R6 = 15 ohm	R21 = 10 K
R7 = 1.68K	R22 = 10 K
R8 = 220 ohm	R23 = 1 K
R9 = 2.2 Mohm	R24 = 2.2 Mohm
R10 = 15ohm	R25 = 8.2K
R11 = 18 ohm	R26 = 8 K
R12 = 90.2Mohm	R27 = 6.8 Mohm
R13 = 100 K	R28 = 20 K
R14 = 470 K	R29 = 100 K
R15 = 1Mohm	R30 = 15 ohm

Tabla No 1 : Resistencias .Todas las resistencias son de 1/2 w a excepción de las especificadas

## CAPACITORES

C1 = 4700 uF / 50V	C8 = 47 nF cerámico
C2 = 1 uF tantalio	C9 = 10 uF / 16V
C3 = 10 uF / 16 V	C10 = 10 uF/ 16V
C4 = 50 nF cerámico	C11 = 1000 uF / 25V
C5 = 1000 uF / 25 V	C12 = 22 nF cerámico
C6 = 11.11uF / 4050 V	C13 = 100 nF cerámico
C7 = 10 uF / 16 V	C14 = 1 uF / 16V

Tabla No 2 : Capacitores , todos son electrolíticos a excepción de lo especificado

## DIODOS Y ZENER

D1 - D5 = 1N4007	Z1 = 7.2 V
D6 = 1N4005	Z2 = 6 V
D7 - D14 = 1N4148	Z3 = 7.5 V
D15 - D19 = ECG558	Z4 = 7.5 V
D20 - D22 = 1N4148	

Tabla No 3 : Diodos y zener

## TRANSISTORES

Q1 = K30A JFET	Q6 = C2818 NPN de potencia
Q2 = K30A JFET	Q7 = 2N2222 NPN
Q3 = 2N2222 NPN	Q8 = 2N2222 NPN
Q4 = 2N2222 NPN	Q9 = TIP41 NPN
Q5 = D1046 NPN	

Tabla No 4 : Transistores

## CIRCUITOS INTEGRADOS

IC1 = LM338 REG/VOLTAJE	IC8 = 4013 2 FLIP-FLOP TIPO D
IC2 = LM338 REG/VOLTAJE	IC9 = 4071 4 puertas OR/2 ent.
IC3 = GLC555 OSCILADOR	IC10 = GLC555 OSCILADOR
IC4 = LM311 OPERACIONAL	IC11=14538 TEMPORIZADOR
IC5,IC6=4011 4puertas NAND/2entradas	
IC7 = 4081 4 puertas AND / 2 entradas	

Tabla No 5 Circuitos Integrados

## ELEMENTOS VARIOS

TRANSFORMADOR T1: 110V/20V/7V	P2 = 5K
TRANSFORMADOR T2: N1/N2=1/17	P3 = 500K
PUENTE RECTIFICADOR = P1	RELE1 = 12V / 3A
PARLANTE DE 8 ohm	RELE2 = 6 V / 3A
P1 = 1K	RELE3 = 12 V / 3A

Tabla No 6 : Elementos Varios



<b>Transistor D1046 - ECG36</b>	
Voltaje de Ruptura Colector-base (E. abierto):	160V.
Voltaje de Ruptura Colector-Emisor(B. abierta):	140V.
Voltaje de Ruptura Base-Emisor(C. abierto):	6V.
Max. corriente de colector:	12A.
Max. potencia de disipac.:	100W
Frecuencia (MHz):	15
Ganancia de corriente:	60 min.
Tipo de envase:	TO-3PJ.

Tabla No 7 Características Técnicas del transistor D1046

<b>Transistor C2818 - ECG386</b>	
Voltaje de Ruptura Colector-base(E. abierto):	800V
Voltaje de Ruptura Colector-Emisor(B. abierta):	500V
Voltaje de Ruptura Base-Emisor(C. abierto):	6V
Max. corriente de colector:	20A
Max. potencia de disipación:	175W
Ganancia de corriente:	30 tipico
Tipo de envase:	TO-3

Tabla No 8 Características técnicas del transistor C2818

<b>DIODO ECG558</b>	
Valores Característicos	
Corriente :	1A
Voltaje Inverso :	1000V
Diodo de Conmutación V A-K	0.7V

Tabla No 9 Características de los diodos ECG558

Rango de corriente	Efecto
1 mA.	Sensación de estremecimiento
16 mA.	Se inhibe el control muscular
(20 - 50 ) mA.	Se siente dolor , puede haber desmayo, las funciones del corazón y las respiratorias continúan
(0.1 - 3 ) A.	Fibrilación ventricular ocurrirá, el sistema respiratorio no se verá afectado.
(6 - 12 ) A.	El corazón entrará en una contracción sostenida pero volverá a su ritmo normal, pueden ocurrir quemaduras si la densidad de la corriente es excesiva

Tabla No 10 Rango de corrientes aplicadas a 60 Hz

<b>Rango</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Rango</b>	<b>Unidad</b>
Fuente de Voltaje DC	Vdd	-0.5 a + 18	Vdc
Voltaje de entrada	Vin	-0.5 a Vdd + 0.5	Vdc
Salida de corriente DC por pin	I	10	mA dc
Rango de temperatura de operación	TA	-55 a +125 -40 a + 85	'C

tabla No. 11. Características Principales del MC14538B



## **ANEXO D**

### **DEMOSTRACION DE FORMULAS**

## Demostración:

### Voltaje entre la línea de Alta Tensión y el aislador

De la figura 36 tenemos :

$$c = Va \times \frac{Cb}{Cb + Cc}$$

Asumiendo capacitores de placas paralelas:

$$c = Va \times \frac{\frac{\epsilon A}{d}}{\frac{\epsilon A}{d} + \frac{\epsilon_0 A}{t}}$$

Donde:

$\epsilon$  permitividad dieléctrica del aislador ( cerámica )

$\epsilon_0$  permitividad dieléctrica del aire

A área de la sección transversal entre el cable y el aislador

d espesor del aislador

t abertura entre el cable y el aislador

$$c = Va \times \frac{\frac{\epsilon}{d}}{\frac{\epsilon}{t} + \frac{\epsilon_0}{d}}$$

Como  $t \gg d$  entonces

$$c = Va \times \frac{\epsilon \times t}{\epsilon_0 \times d}$$

$$c = Va \times \epsilon_r \times \frac{t}{d}$$

Donde:

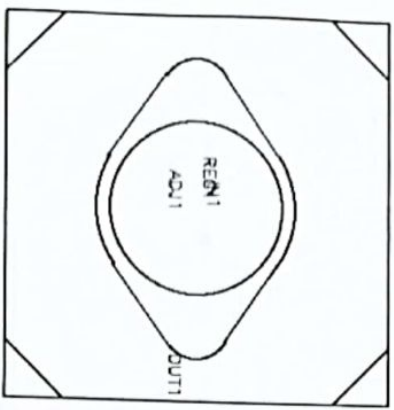
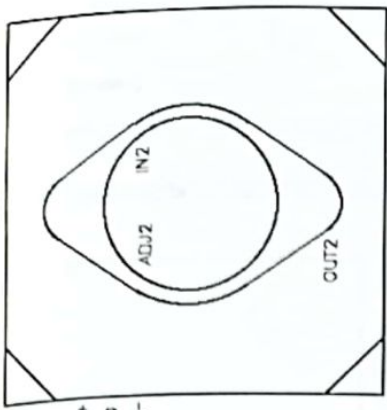
$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$  permitividad relativa del aislador

**ANEXO E**

**CIRCUITOS IMPRESOS**

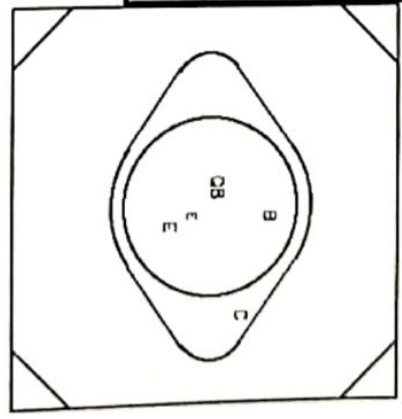
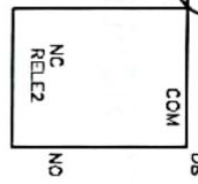
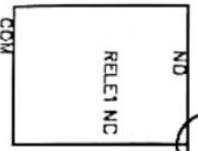
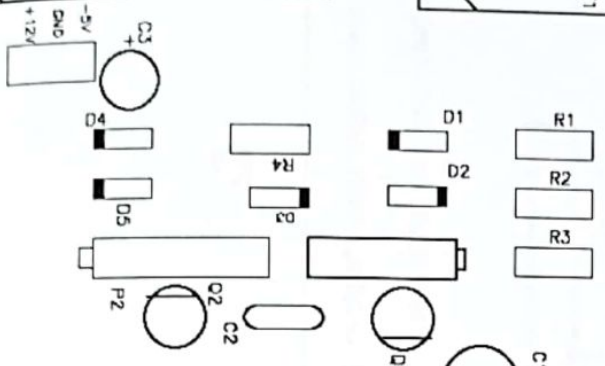
**DIAGRAMA GENERAL DEL CIRCUITO**

REG2

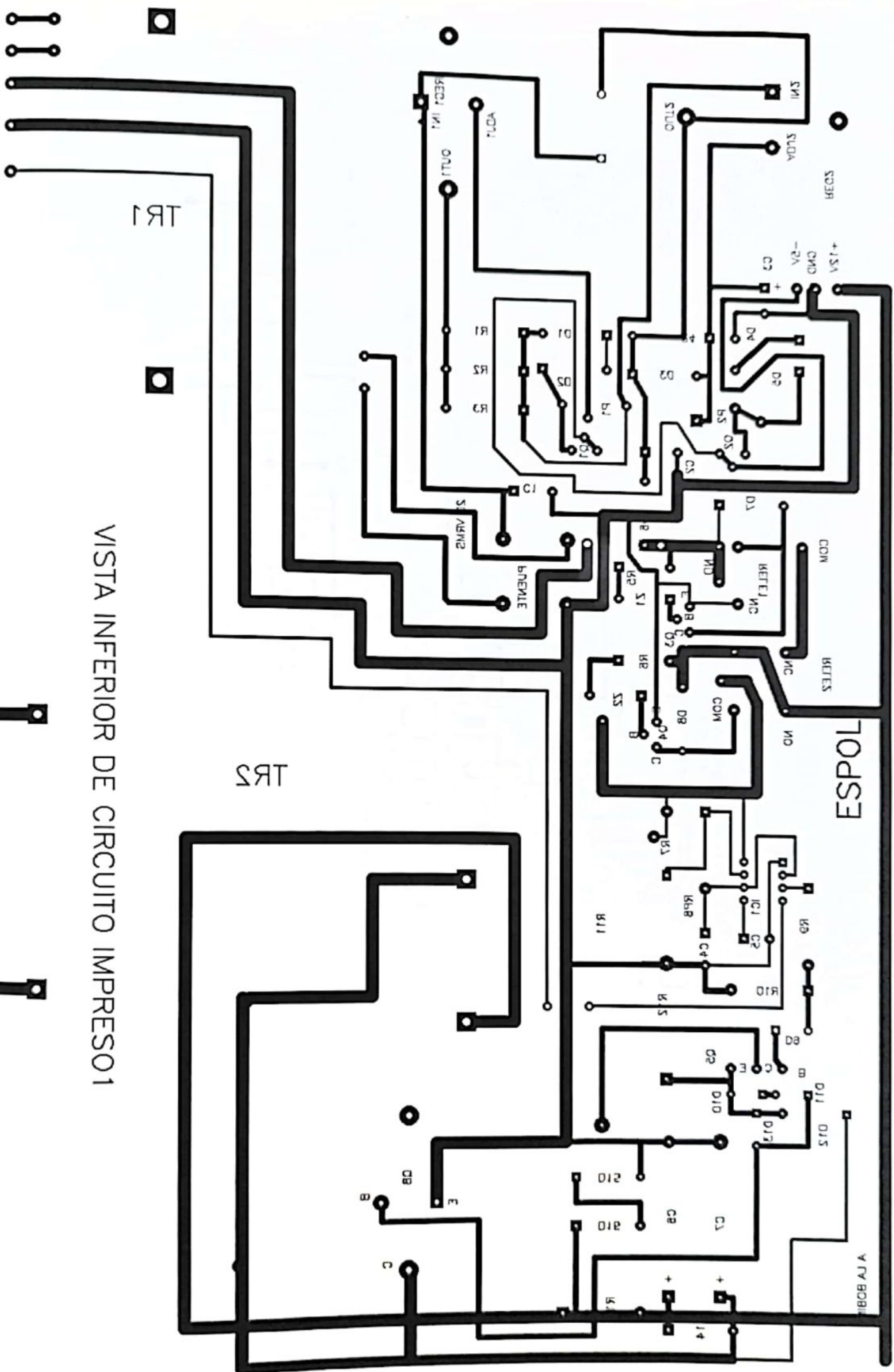


DEA1

20 VRMS

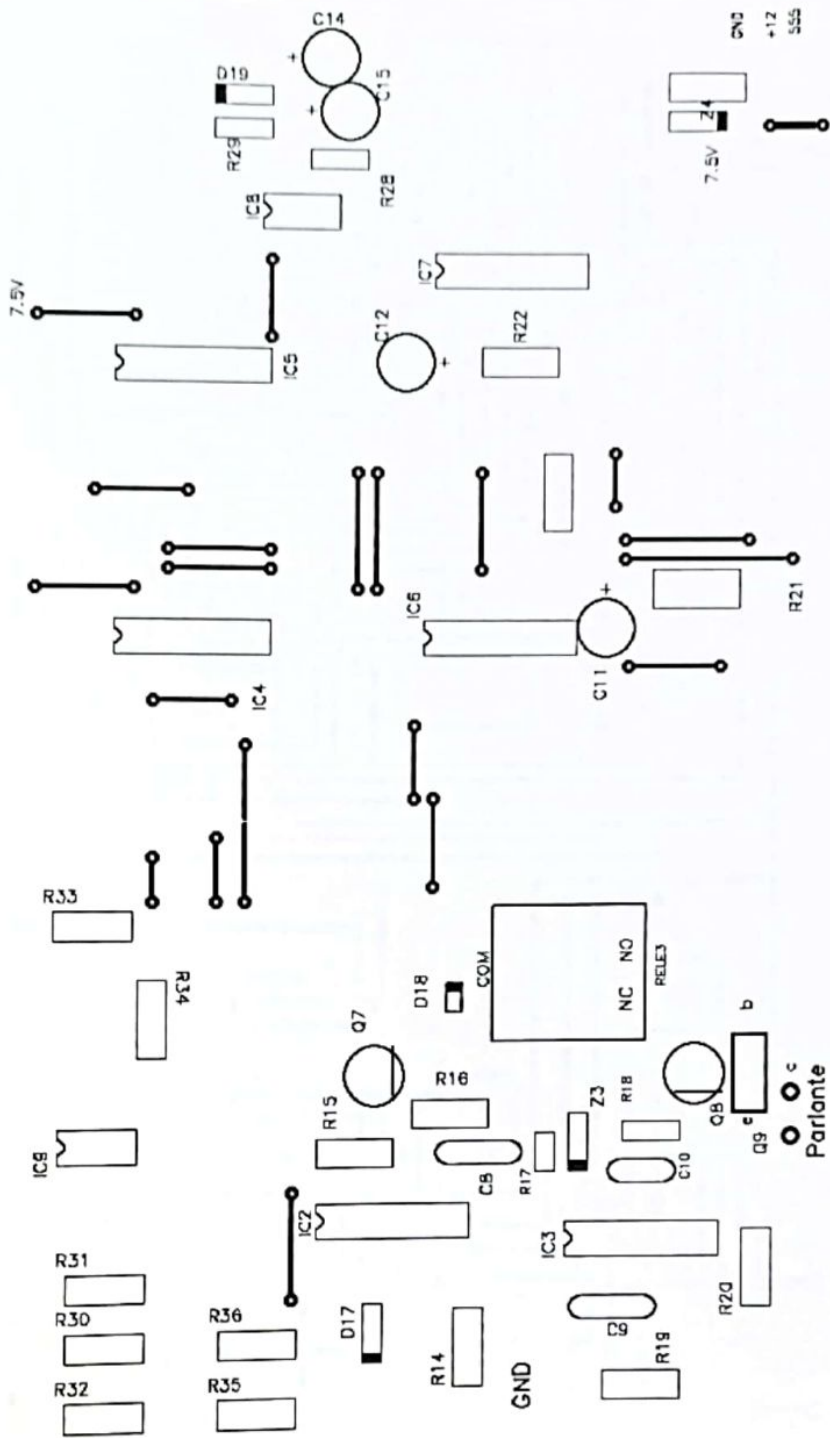


120V RMS

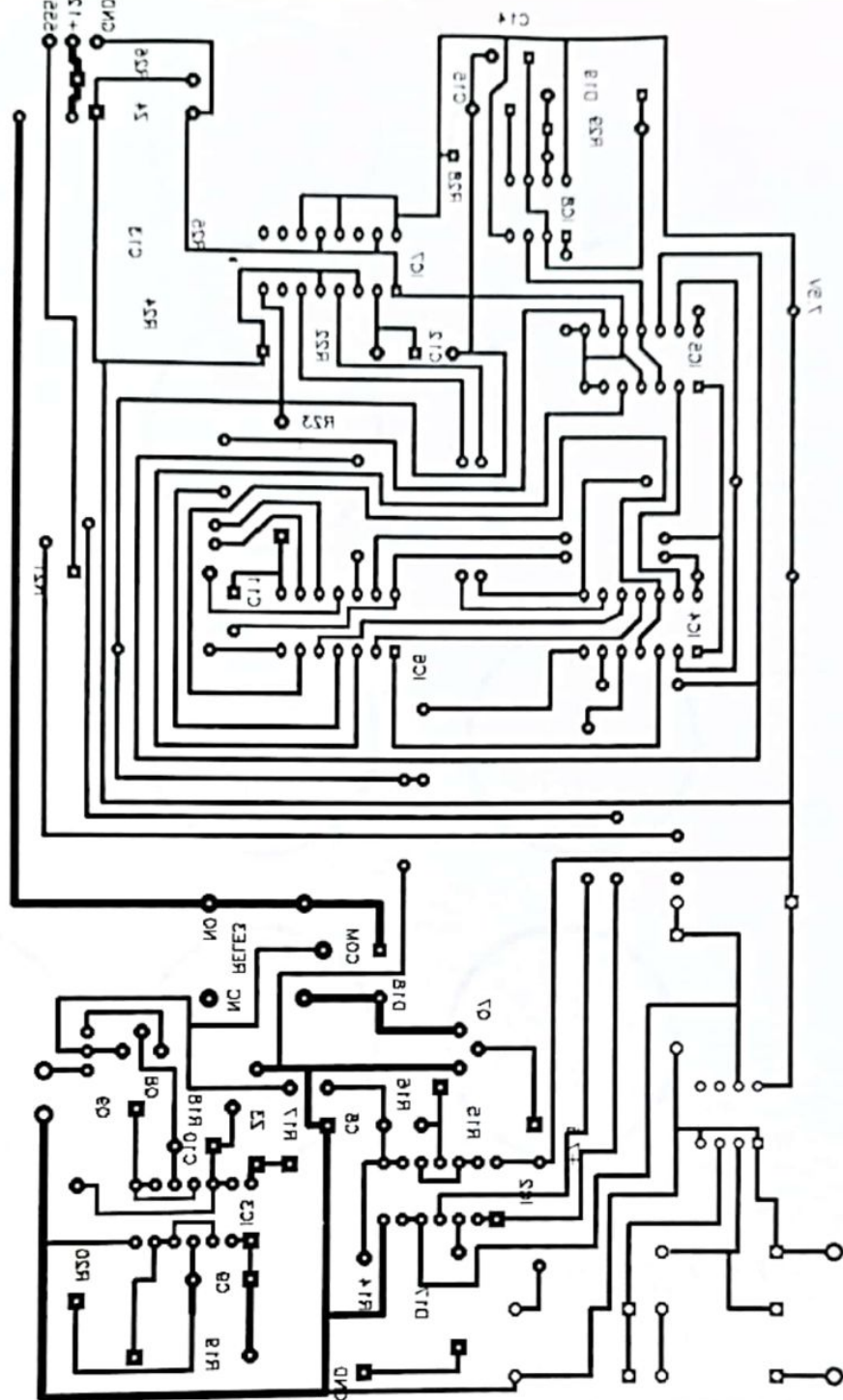


VISTA INFERIOR DE CIRCUITO IMPRESO 1

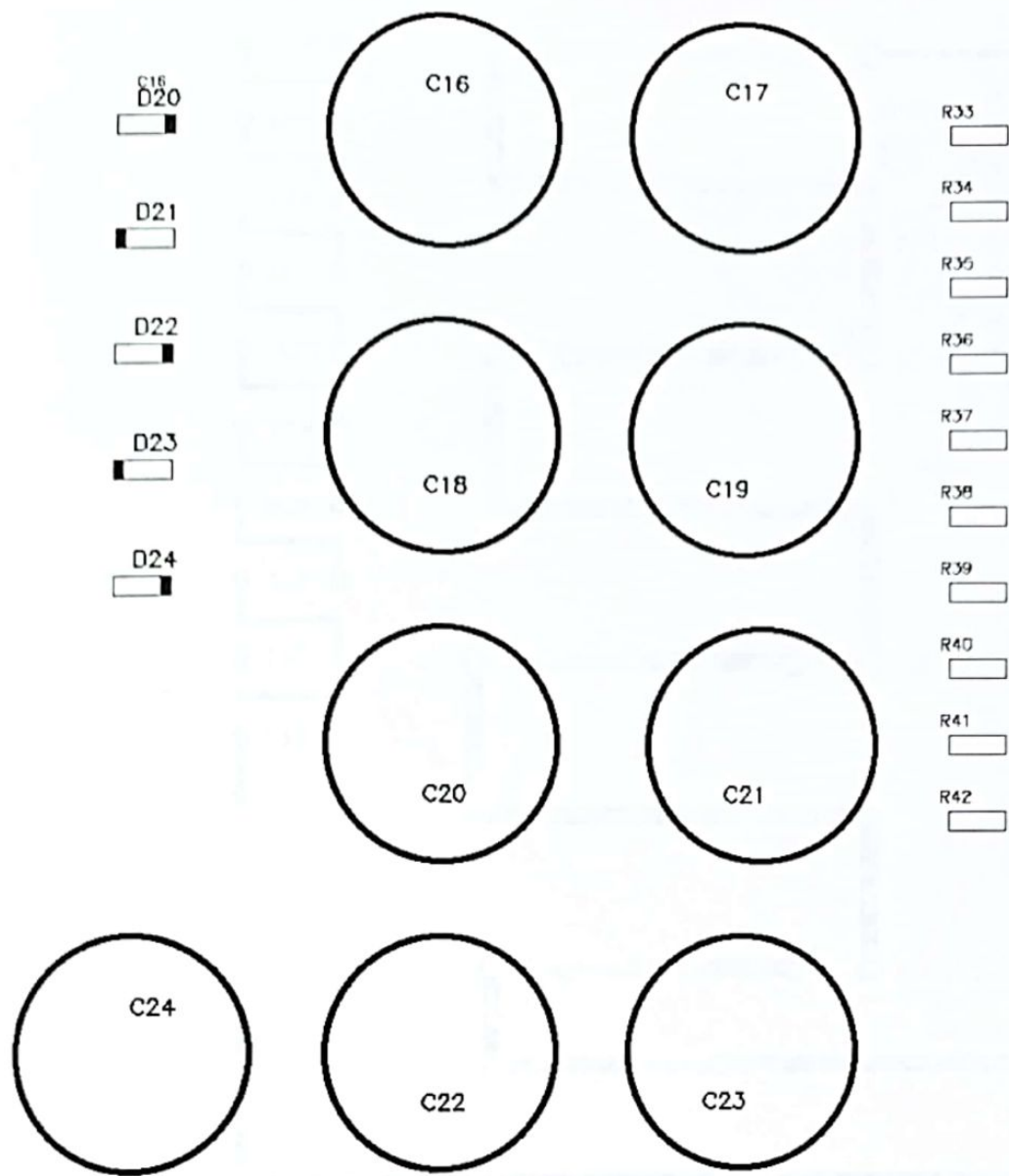




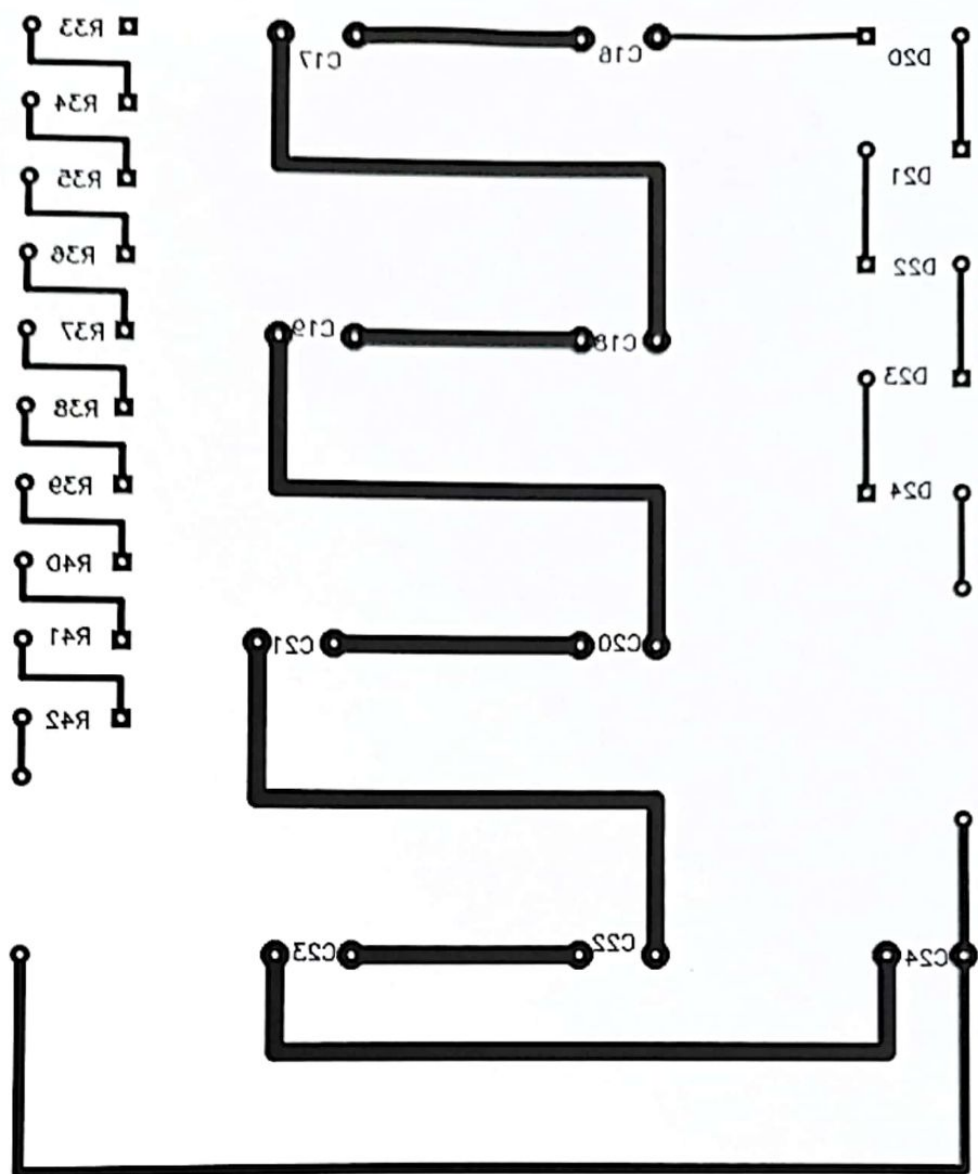
VISTA SUPERIOR DE CIRCUITO IMPRESO2



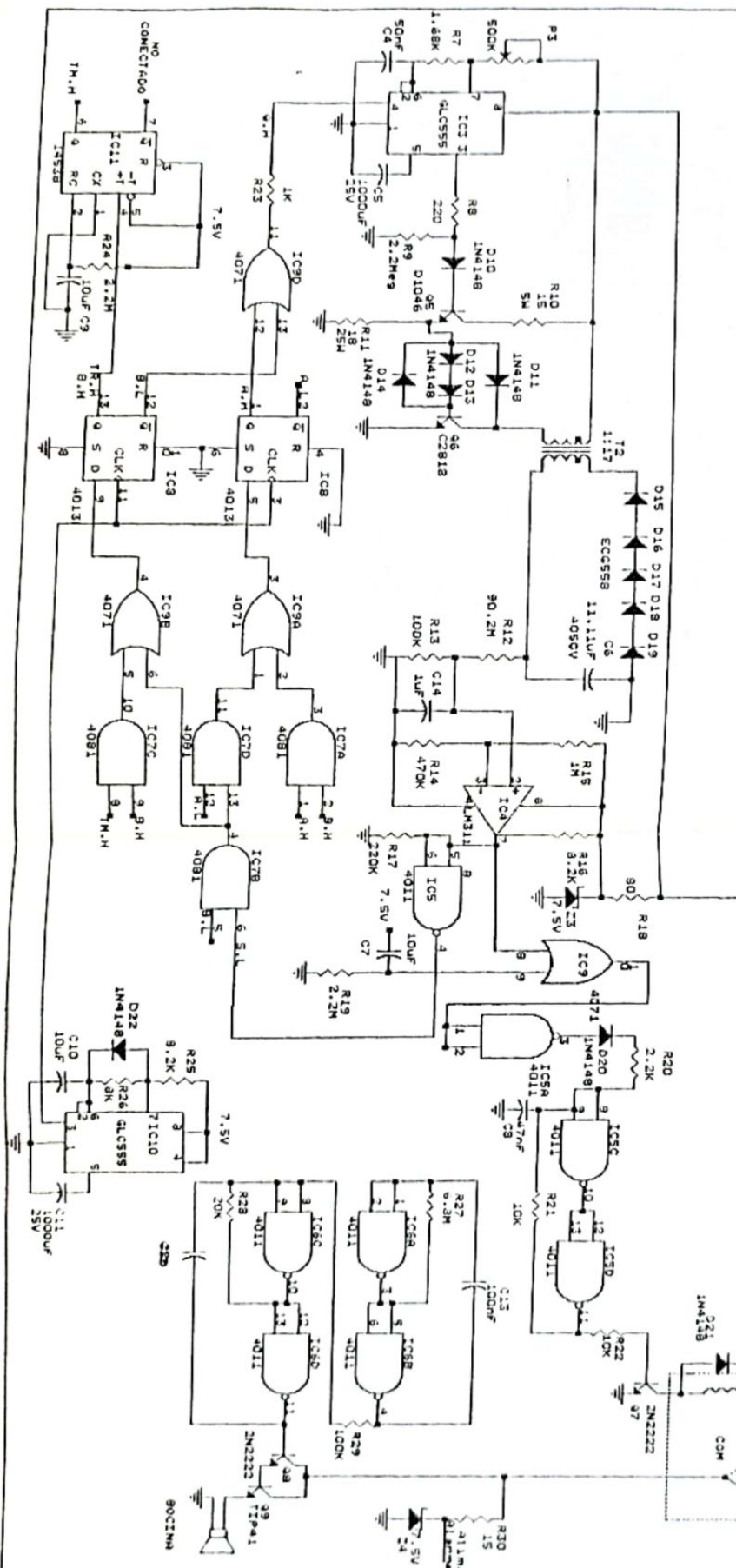
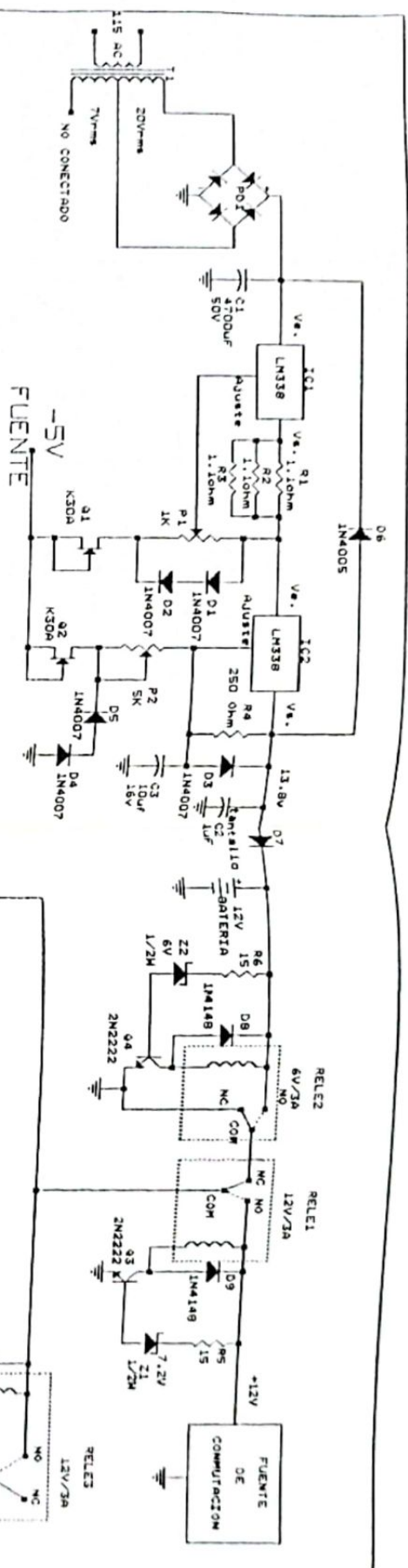
VISTA INFERIOR DE CIRCUITO IMPRESO2



VISTA INFERIOR DE CIRCUITO IMPRESO3



VISTA INFERIOR DE CIRCUITO IMPRESO3



## **BIBLIOGRAFIA**

### **VOLTAGE REGULATOR HANDBOOK**

**NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION**

### **FOLLETO DE PROBLEMAS DE ELECTRONICA III**

**Ing. ALBERTO LARCO**

### **PRINCIPIOS DE ELECTRONICA**

**MALVINO**

### **HIGH - FREQUENCY SWITCHING POWER SUPPLIES**

**GEORGE C. CHRYSIS**

### **DATABOOK CMOS**

**NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION**

### **MANUAL MOTOROLA**

**NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION**