

# ELECTRÓNICA DE POTENCIA

## **TP2:**

### **Control de angulo de conducción de un SCR**

Profesor: Ing Javier Avramovich

Curso: 5R1

Alumnos: Astigarraga, Nicolas

Montes, Andres Alejandro

Segovia, Franco

Valdez, Carlos

## Introducción:

A continuación se presenta el desarrollo, implementación y mediciones, del circuito electrónico necesario para el control por ángulo de conducción con SCR sobre una carga de 100W (lámpara incandescente). El ángulo de conducción, y por lo tanto la potencia media disipada en la carga, es controlado por una tensión de referencia variable, dada por un potenciómetro. La relación de transferencia Tensión de referencia vs tensión aplicada en la carga será lo más lineal posible dado que utilizamos el método de rampa coseno para el control del ángulo de conducción.

## Desarrollo:

En el presente práctico se implementa el circuito de control de fase “**Rampa cosenoidal-escalón**” de la figura 1.

El tiristor que se utiliza es el C106 ya que en su hoja de datos  $I_T(\text{RMS})$  es de 4A, más que suficiente para manejar una carga de 100W( aprox 0,45A) y para el control del disparo del mismo se utiliza el transistor unijuntura 2N2646. Para comenzar con el cálculo de los valores de los componentes del circuito, primero es necesario obtener los siguientes valores de la hoja de datos del tiristor y el unijuntura.

2N2646

$\eta = 0,75$

$R_{bboff} = 7\text{kohm}$

$R_{bbon} = 600\text{ ohm}$

C106

$I_{GT} = 200\mu\text{A}$

$V_{GT} = 1,2\text{V}$

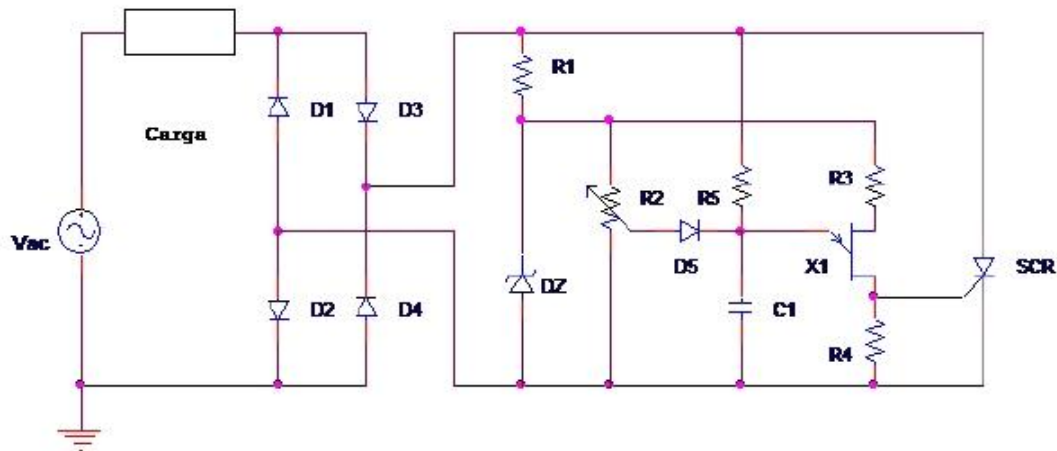


Figura 1

## Calculos:

### **Polarización UJT:**

Calculamos el valor de los dos resistores, R3 y R4, juntamente con la tensión  $V_{BB}$  requerida para lo que nos valdremos del circuito equivalente del unijuntura indicado en la Figura 2. Primero calcularemos los valores de Rbb1 y Rbb2, teniendo en cuenta que:

$$\eta = \frac{R_{bb1}}{R_{bb1} + R_{bb2}} = \frac{R_{bb1}}{R_{bboff}}$$

$$R_{bb1} = R_{bboff} * \eta = 5250 \text{ ohm}$$

$$R_{bb2} = R_{bb1} * \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right) = 1750 \text{ ohm}$$

Como queremos que el TUJ se dispare cuando  $V_P = 10V$  , entonces en el estado de bloqueo deberá haber en el cátodo del diodo de la Figura 2 una tensión igual a  $10V - 0,5V = 9,5V$  , si se considera como caída de tensión directa en el diodo de  $0,5V$  , lo que es bastante exacto para este unijuntura.

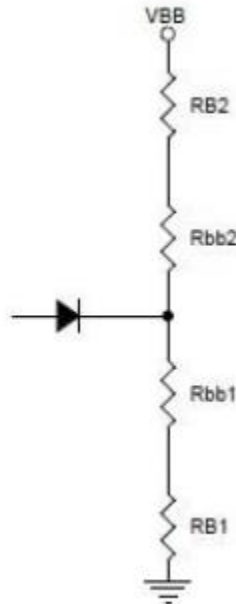


Figura 2

La otra consideración que debemos hacer es que cuando el unijuntura esté disparado deberá circular una corriente tal por el circuito que permita el disparo del SCR. Esta característica puede ser obtenida si se considera una corriente  $I_{b1}$  mucho mayor que la necesaria para el disparo del mencionado SCR.

Decidimos hacer la corriente  $I_{b1}$  15 veces mayor que la corriente  $I_G$  deseada. Para garantizar el disparo le enviaremos al “gate” una corriente 5 veces mayor que la corriente de disparo  $I_{GT}$  obtenida de la hoja de datos. Entonces:

$$I_G = 5 \cdot I_{GT} = 5 \cdot 200 \mu A = 1mA$$
$$I_{b1} = 15 \cdot I_G = 15 \cdot 1mA = 15mA$$

Para calcular  $R_4$  tenemos en cuenta que en el momento que se dispare el TUJ, en la puerta del SCR se debe tener la tensión de disparo  $V_{GT}$ , entonces:

$$V_{GT} = R_4 \cdot (I_1 - I_G)$$

$$R_4 = \frac{V_{GT}}{I_1 - I_G}$$

$$R_4 = \frac{1,2V}{15ma - 1ma}$$

$$R_4 = 82 \text{ ohm}$$

Cuando el TUI no está disparado circulara una corriente por Rbb1 y R4 de

$$I_{rep} = \frac{V_p - V_d}{R_{bb1} + R_4} = 1,781 \text{ ma}$$

La tensión en la base 2 sera de:

$$V_{b2} = I_{rep} (R_{bb1} + R_{bb2} + R_4) = 14,55V$$

En el estado no disparado debe cumplirse que:

$$V_{BB} - V_{b2} = R_3 \cdot I_{rep} \quad \text{ecuacion 1}$$

Y en el estado de disparo debe cumplirse que:

$$V_{BB} = I_{b1} (R_3 + R_{bbon} + R_4) \quad \text{ecuacion 2}$$

Formando un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas con las ecuaciones 1 y 2, es posible determinar el valor de  $R_3$  y  $V_{BB}$ , siendo  $V_{BB}$  la tensión de regulación del diodo zener a utilizar  $V_{DZ}$ .  
Resolviendo el sistema, se obtiene:

$$R_3 \approx 180 \text{ ohm} \text{ y } V_{BB} = V_{DZ} = 15,3V \approx 16V$$

### Polarización Zener:

Considerando la tensión de entrada como 220V, y en el caso más desfavorable, (lámpara apagada), y con una corriente de mantenimiento de 5mA.

$$R1 = \frac{V_{AC} - V_{BB}}{I_{b1} + I_{Zmant}} = \frac{220v - 16v}{15ma + 5ma} = 10,2kohm \approx 10kohm$$

La potencia disipada por R1 será:

$$PR1 = \frac{(V_{AC} - V_{BB})^2}{R1} = 4,16W \approx 5W$$

La potencia del diodo zener deberá ser:

$$PZ = V_Z I_{Zmax} = 16V \cdot 20mA = 0,32W$$

De acuerdo con la tensión y la potencia de zener calculadas, se utiliza un diodo zener de 16V y 1W, el 1N4745.

### Calculo C1, R5 y R2:

Para calcular R2 debemos tener en cuenta que el objetivo de la resistencia es limitar la corriente de carga inicial del capacitor que se encuentra descargado al inicio del ciclo, por lo que la constante de tiempo debe de ser mucho menor que el período de la onda rectificada (10ms). Eligiendo su constante de tiempo 20 veces menor y fijando el valor de C1, se tiene:

$$R2 \cdot C1 = \frac{10ms}{20} = 0,5 \text{ ms}$$

Eligiendo C1 = 100nF, tenemos que:

$$R2 = 5kohm$$

$$R5.C1 = \frac{V_{AC\ PICO}}{V_{C\ max}} \cdot 10\ ms$$

### Correccion:

Para lograr una mejor linealización y un completo aprovechamiento del recorrido del potenciómetro, en primer lugar se mide la tensión de referencia VREF cuando el potenciómetro está en la mínima posición que produce el mínimo ángulo de conducción. Luego se aumenta la VREF hasta que la forma de onda de la tensión en la carga no varía. Con estos dos valores de VREF se calculan dos resistencias que se colocan en serie al potenciómetro, las cuales tienen como objetivo proporcionar las caídas de tensión necesarias para que el recorrido del potenciómetro sea aprovechado en su totalidad.

En la Figura 3 se observa el circuito analizado. Aplicando Kirchoff y formando un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas es posible determinar el valor de R7 y R8, teniendo en cuenta los valores de  $V_{ref}$  medidos:  $V_{ref1} = 7,3V$ ,  $V_{ref2} = 12,85V$  y  $V_Z = 16V$

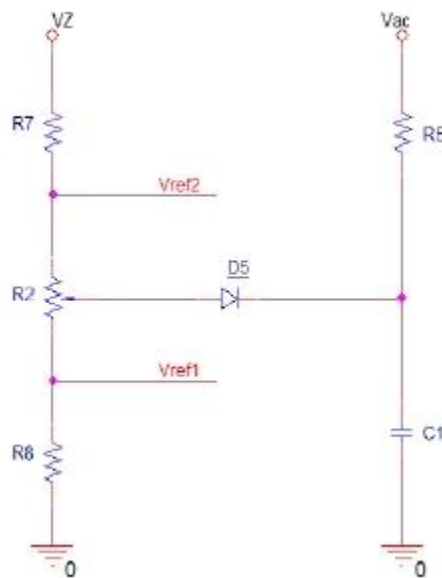


Figura 3



$$V_{ref1} = \frac{V_Z}{R_7 + R_8 + R_2} \cdot R_8$$

$$V_{ref2} = \frac{V_Z}{R_7 + R_8 + R_2} \cdot (R_8 + R_2)$$

Entonces se obtiene  $R_7 = 2837,83 \text{ ohm}$  y  $R_8 = 6576 \text{ ohm}$ , que llevando a valores comerciales quedan  $R_7 = 2700 \text{ ohm}$  y  $R_8 = 6800 \text{ ohm}$ . El circuito final implementado se puede observar en la Figura 4.

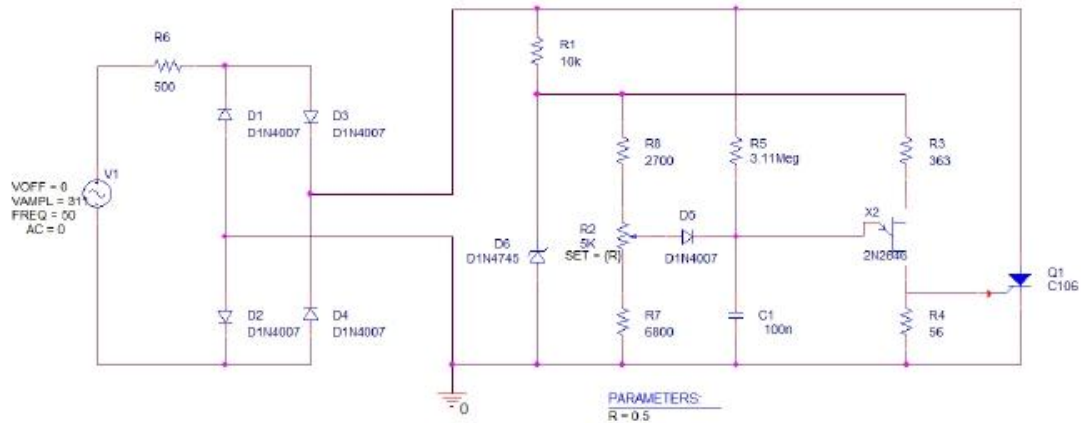
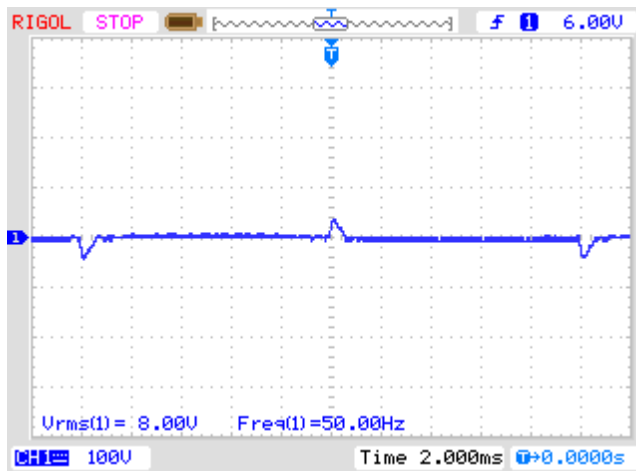


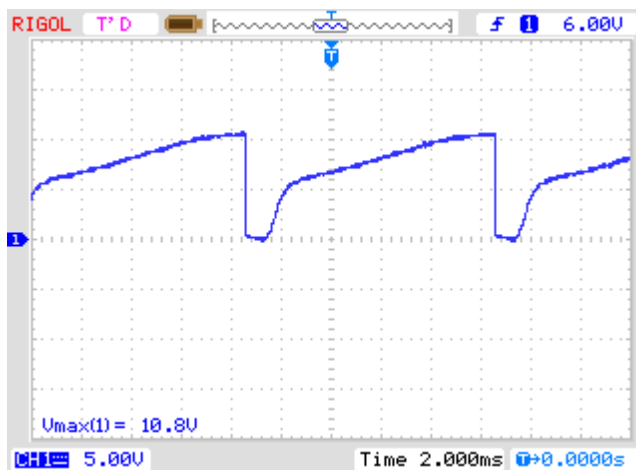
Figura 4

## Mediciones:

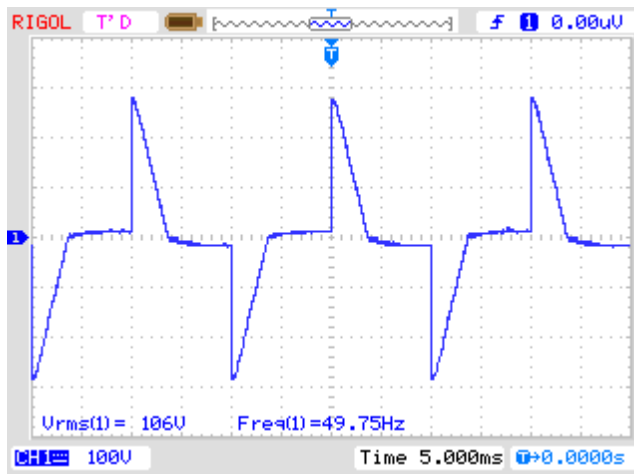
En las siguientes figuras se observan la tensión de disparo del TUV, es decir, la tensión de carga en el capacitor y la tensión en la carga VRL para el potenciómetro al principio de recorrido, a la mitad y al máximo.



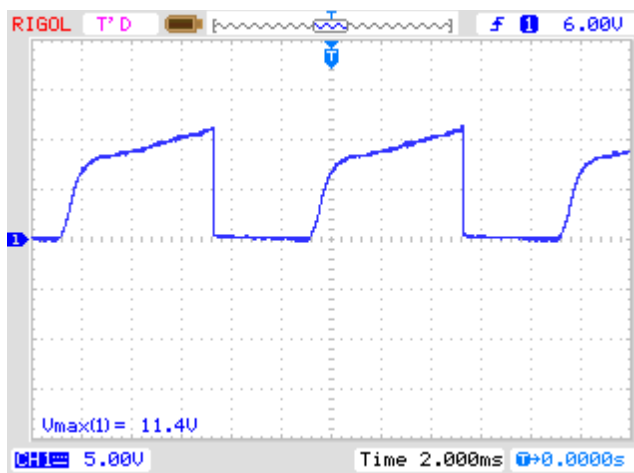
Tensión en la carga VRL



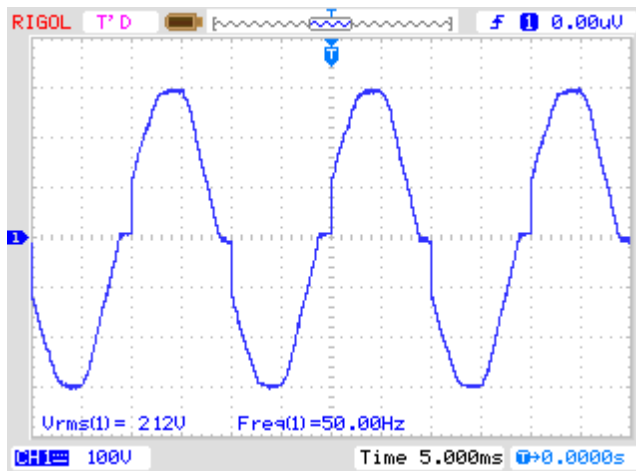
Tensión de disparo del TUV con el potenciómetro al mínimo.



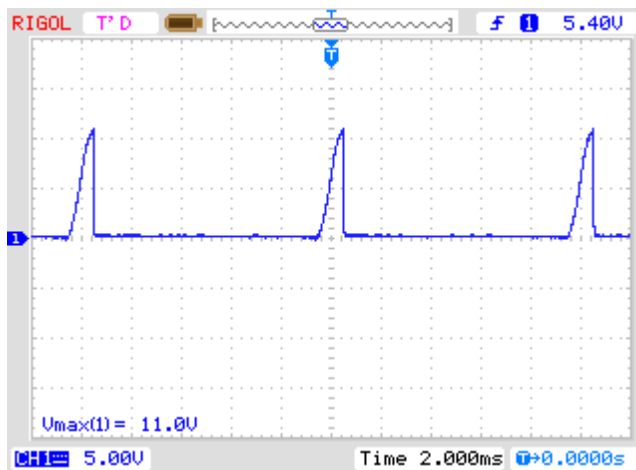
Tensión en la carga VRL



Tensión de disparo del TUJ con el potenciómetro a la mitad del recorrido.



Tensión en la carga VRL



Tensión de disparo del TUV con el potenciómetro al máximo.

En el cuadro se observa como varia la VRL, el tiempo de conducción y el ángulo de conducción para saltos de 0, 5V de la VREF . En la Figura 6 se observan estas variaciones y las líneas de tendencia de cada una. Para calcular el ángulo de conducción se tuvo en cuenta la siguiente relación:

10ms → 180°  
tiempo → ángulo

Por lo tanto:

$$\text{Angulo} = \frac{\text{tiempo} \cdot 180^\circ}{10 \text{ ms}}$$

Vref	VRL	Tiempo de conduccion	Angulo de conduccion
7,36	8	1,15	20,52
7,84	47,5	1,96	35,28
8,32	69,9	2,64	47,52
8,80	99,4	3,28	59,04
9,36	121,6	3,84	69,12
9,84	142	4,64	83,52
10,3	162	5,40	97,2
10,8	177	5,96	107,28
11,3	191	6,56	118,08
11,8	206	7,56	136,08
12	216,7	8,96	161,28

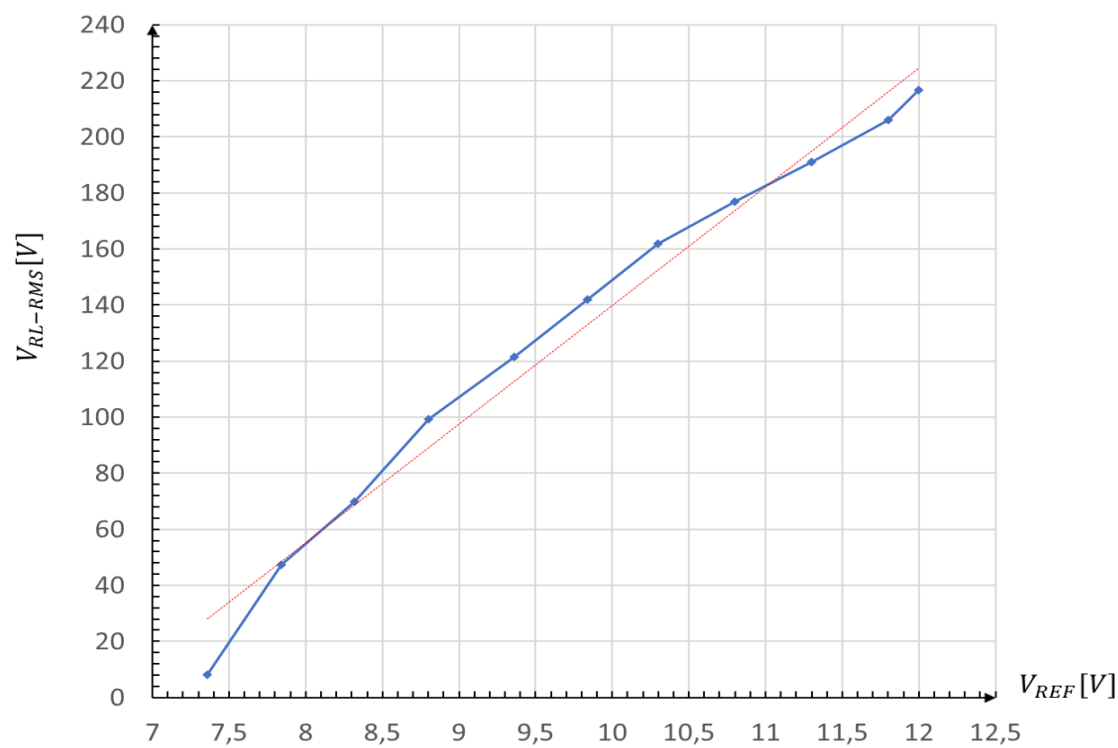
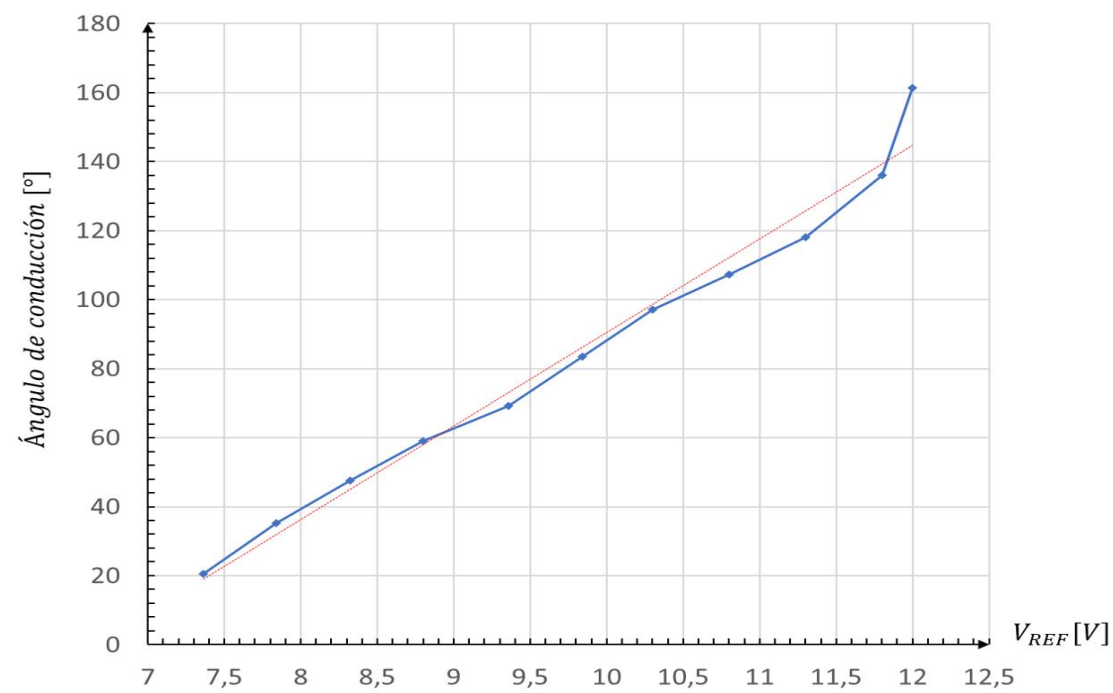


Figura 5

## **Conclusion:**

Si se observan los gráficos de la Figura 5 se puede ver que la función de transferencia tiene un comportamiento bastante lineal, ya que las variaciones respecto a la tendencia lineal en línea de puntos rojas es muy poca, teniendo un rango dinámico que va desde los 20, 52° a los 162° entregando a la carga una tensión eficaz de 8V hasta los 216, 7V .

Otro punto a resaltar, que vemos en la tabla y su correspondiente gráfica, es el hecho de que la de tensión eficaz en la carga y el ángulo de conducción no alcanzan la máxima excursión posible, es decir, 0 a 220V (tensión de línea) y de 0 a 180 (onda completa) respectivamente.

En el límite superior puede observarse que el ángulo de conducción no supera los 162°, entregando a la salida una tensión eficaz de 216,7V , es decir algunos voltios menos que la tensión eficaz de línea. Este efecto puede explicarse teniendo en cuenta que la tensión entre ánodo y cátodo del SCR está disminuyendo a tal punto que la corriente que circula se hace inferior a la corriente de mantenimiento  $I_H$  y el tiristor se bloquea, por lo que sería imposible lograr un ángulo de conducción de 180°.

El límite inferior puede deberse a que la constante de tiempo del capacitor es menor a los 10ms requeridos , de manera que el TUI se dispara antes de que finalice el semiciclo cuando el potenciómetro esta al mínimo, obteniendo de esta manera un mínimo ángulo de conducción de 20, 52°.