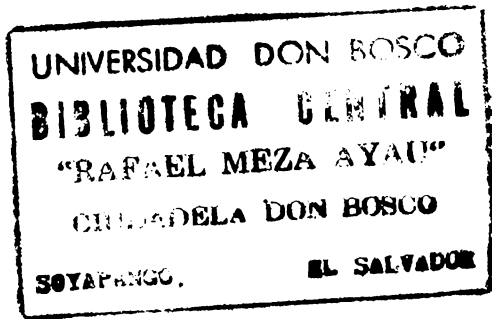


UNIVERSIDAD

DON BOSCO



CONVERTIDOR DE ENERGIA

ELECTRICA DIRECTA A ALTERNA

TRABAJO DE GRADUACION

PREPARADO PARA LA

FACULTAD DE INGENIERIA

TECNICO EN INGENIERIA ELECTRICA

POR

RICARDO ERNESTO ALFONSO MARTINEZ

CARLOS SIGFREDO BERMUDEZ IZQUIERDO

HERIBERTO ALONSO NAVARRETE ALFARO

SOYAPANGO

-

EL SALVADOR

-

CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DON BOSCO
BIBLIOTECA GENERAL
"RAFAEL MEZA AYB"
CIUDADELA DON BOSCO
SOYAPANGO, EL SALVADOR

UNIVERSIDAD
DON BOSCO

RECTOR

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO
GENERAL

LIC. PIERRE MUYSHONDT S.D.B.

DECANO FACULTAD DE INGENIERIA

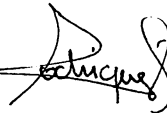
ING. JOSÉ MIGUEL HERNANDEZ

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADUACION

ING. SALVADOR REYES

JURADO EXAMINADOR

ING. SALVADOR REYES



ING. NELSON QUINTANILLA JUAREZ

ING. MANUEL ANTONIO FERNANDEZ

DEDICATORIA

Agradesco a Dios todo poderoso que me ha iluminado en el camino.

A todas las personas que me han apoyado a culminar este trabajo.

Ricardo E. Alfonso

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso

A la virgen María Auxiliadora

A mis padres Benjamín Navarrete y

Ana Cecilia Alfaro de Navarrete

A mis hermanos y amigos.

A todas las personas que me ayudaron de una forma u otra a culminar este trabajo.

Heriberto Alonso Navarrete Alfaro

INTRODUCCION

Todos sabemos que en nuestros días la escasez de energía es un problema en nuestro país. Y nuestra finalidad es presentar un medio fácil y económico para obtener energía que esté al alcance de todos. La energía eléctrica es indispensable para el desarrollo de nuestro país.

La misma necesidad hace que se diseñe nuevos métodos para obtener energía.

Tomando en cuenta todos estos factores se decidió elaborar un aparato que tenga la capacidad de convertir corriente directa DC a corriente alterna AC, con la cantidad mínima de componentes semiconductores haciendo así un aparato seguro, económico y confiable; basándose en los principios de electromagnetismo y el funcionamiento en corte y saturación de transistores que puedan generar pulso, los cuales serán transformados en corriente alterna.

OBJETIVO GENERAL

- Crear un aparato que tenga la capacidad de convertir una señal de corriente directa en señal de corriente alterna, con la mínima -- cantidad de elementos.

OBJETIVO ESPECIFICO

- Diseñar una fuente auxiliar de baja potencia para poder ser utilizada en caso de emergencia.
- Solucionar el problema de suministro eléctrico en la zona metropolitana y rural.

INDICE

INTRODUCCION	i
OBJETIVOS	ii
CAPITULO I TRANSISTORES BIPOLARES	
1.1 Introducciòn	1
1.2 Polarizaciòn Directa e Inversa.	1
CAPITULO II CONCEPTOS GENERALES SOBRE TRANSFORMADORES	
2.1 Introducciòn	8
2.2 Fundamento del Transformador.	8
2.3 Clasificaciòn de los Transformadores.	11
2.4 Organos magnéticos de los Transformadores . . .	12
2.5 Procedimiento para Hacer El Transformador . . .	15
2.6 Càlculo del Transformador	18
CAPITULO III CONVERTIDORES CONTINUA-ALTERNA	
3.1. Introducciòn	22
3.2 Clasificaciòn de los onduladores	22
3.3 Ondulador electro mecànico	24
3.4 Osciladores con Tiristores	28
CAPITULO IV CONSTRUCCION DEL CONVERTIDOR	
4.1 Introducciòn	29
4.2 Convertidor 12VDC - 110 VAC 60 Hz.	29
4.3 Descripciòn del Circuito	31

4.4	Funcionamiento	31
4.5	Montaje	33
4.6	Lista de Materiales para la Construcción del Convertidor 12VDC -110VAC 60 Hz.	35
4.7	Limitaciones	36
4.8	Especificaciones Técnicas del Converti- dor 12VDC - 110VAC 60Hz.	36
4.9	Recomendaciones	36
4.10	Conclusión	39
	Bibliografía	40
	Anexos 1	41
	Anexos 2	44
	Anexos 3	45
	Anexo 4	48

CAPITULO I

TRANSISTORES BIPOLARES

1.1 Introducción

Hace años para lograr una señal pulsatoria era necesario utilizar elementos mecánicos de gran tamaño. Hoy en nuestros días debido al avance de la tecnología este mismo efecto se puede lograr utilizando elementos semiconductores de menor tamaño con muchas más ventajas y eficiencia, conocidos como transistores.

1.2 Polarización Directa e Inversa

Al polarizar directamente al diodo emisor y en forma inversa al diodo colector, se obtiene un resultado inesperado. Se espera una corriente grande de emisor, porque el diodo emisor está polarizado directamente. Pero no se espera una corriente grande del colector porque el diodo colector está polarizado inversamente. Sin embargo, la corriente del colector es tan grande como la corriente del emisor.

1.2.1 Explicación Preliminar

Existe una corriente alta circulando por el colector. En el momento en que se aplica la polarización directa al diodo emisor, los electrones del emisor no han entrado aún en la región de la base. Si BV_{EB} es mayor que el potencial de barrera (0.6 a 0.7 V para transistores de silicio), muchos electrones del emisor entran en la región de la base. Estos electrones, una vez que se encuentran en la base, pueden fluir en cualquiera de estas dos direcciones: hacia

abajo por la delgada base hasta el contacto externo, o bien a través de la unión del colector hacia la región del colector. Este componente de la corriente de base que fluye hacia abajo se llama corriente de recombinación. Es pequeña porque la base está ligeramente contaminada con sólo unos cuantos huecos.

En concreto, puede decirse lo siguiente : un paso constante de electrones que dejan el terminal negativo de la fuente para ingresar en la región del emisor. La polarización directa V_{EB} fuerza a estos electrones del emisor a entrar en la región de base. Una vez que se encuentran en la base, delgada y poco contaminada, permite a los electrones suficiente tiempo de vida para difundirse a la capa de agotamiento del colector. El campo de la capa de agotamiento empuja a éstos en una corriente constante de electrones hacia la región del colector; éstos abandonan al colector, entra en los contactos externos de éste y fluyen hacia el terminal positivo de la fuente de voltaje.

No se puede pensar en conectar dos diodos discretos ánodo con ánodo, con el fin de tener un transistor. Cada diodo tiene dos regiones contaminadas, por lo que el circuito completo tendrá cuatro regiones contaminadas. Esto no funcionaría porque la región de base no es la misma que en un transistor. La clave para el funcionamiento de un transistor es la base ligeramente contaminado entre emisor contaminado intensamente y la contaminación intermedia del colector.

1.2.2 Voltajes de Ruptura

Como las dos partes del transistor son diodos, un voltaje inverso elevado puede ocasionar ruptura en cualquiera de ellos. Este voltaje de ruptura depende del ancho de la capa de agotamiento y de los niveles de contaminación. Debido a que el nivel de contaminación es alto, el diodo emisor tienen un bajo voltaje de ruptura BV_{BE} , aproximadamente entre 5 V y 30 V. Por otra parte, el diodo colector tiene contaminación menos intensa. Así, el voltaje de ruptura BV_{CE} es más alto, aproximadamente entre 20 y 300 V.

Para que el transistor funcione normalmente, el diodo colector se polariza a la inversa. Cuando BV_{CB} es demasiado grande, el diodo colector entra en ruptura y puede dañarse por excesiva disipación de potencia. En la mayor parte de los diseños, por lo tanto, debe conservarse el voltaje de colector menor al máximo nominal para BV_{CE} - especificado por el fabricante en sus hojas técnicas.

1.2.3 Región Activa

Resumiendo, he aquí las condiciones necesarias para operar un transistor en un circuito lineal:

- a. El diodo emisor debe estar polarizado directamente.
- b. El diodo colector debe estar polarizado inversamente
- c. El voltaje a través del diodo colector debe ser menor que el voltaje de ruptura.

Cuando se satisfacen estas condiciones, el transistor se transfor-

ma en un dispositivo activo porque éste puede amplificar una señal de entrada para producir una señal grande de salida.

1.2.4 Corte y Ruptura

La figura 1.1 muestra la curva $I_B = 0$. Con un voltaje de colector suficientemente grande, se alcanza el voltaje de ruptura denominado BV_{CEO} , en donde el subíndice nos vuelve a indicar colector a emisor con base abierta. Para operación normal de transistor, se debe mantener V_{CE} menor que BV_{CEO} . La mayor parte de las hojas de datos de los transistores muestran el valor de BV_{CEO} entre las especificaciones máximas del transistor. Este voltaje de ruptura puede ser menor a 20 o mayor a 200 V, dependiendo del tipo de transistor.

Por regla general, un buen diseño incluye un factor de seguridad para conservar V_{CE} muy abajo de BV_{CEO} . La vida útil del transistor puede acortarse con un diseño que fuerce los valores máximos absolutos nominales del transistor. Un factor de seguridad de 2 (V_{CE} menor a la mitad de BV_{CEO}) es común. Algunos diseños conservadores utilizan un factor de seguridad hasta de 10 (V_{CE} menor a un décimo de BV_{CEO}).

1.2.5 Voltaje de Saturación de colector

La parte inicial de la curva se llama región de saturación, que comprende toda la curva entre el origen y el codo. La parte plana -

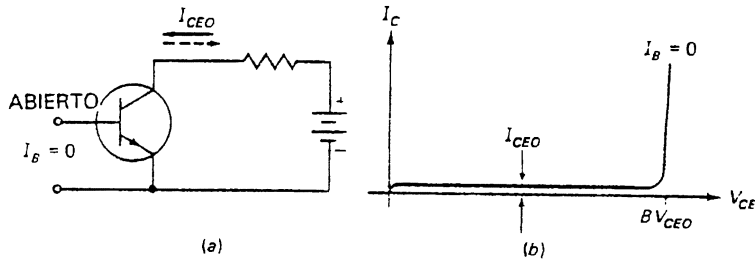


Fig 1-1
Corriente de corte
y voltaje de
ruptura.

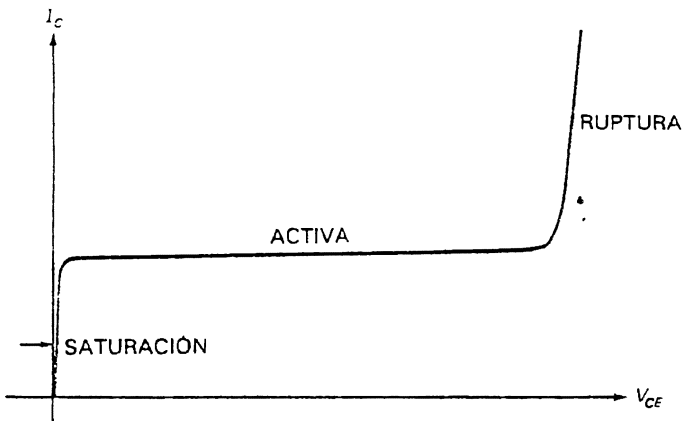


Fig 1-2

Una de las curvas de colector mostrando las tres regiones: saturación, activa y ruptura.

de la curva es la región activa, que es donde el transistor debe operar si se desea que actúe como una fuente controlada de corriente. La parte final de la curva es la región de ruptura, la cual debe evitarse a toda costa.

En la región de saturación el diodo colector está en polarización directa, la acción normal del transistor se pierde y el transistor actúa como resistencia óhmica pequeña en lugar de fuente de corriente. Un aumento adicional en la corriente de base no puede producir un incremento adicional en la corriente de colector. El voltaje colector-emisor en la región de saturación es generalmente de unos cuantos décimos de volt, dependiendo de la cantidad de corriente de colector que haya.

Para que el transistor opere en la región activa, el diodo colector debe estar polarizado inversamente; esto requiere un V_{CE} mayor a 1 volt. aproximadamente.

1.2.6 Especificaciones del Transistor

Los transistores de pequeña señal pueden disipar medio watt o menos; los de potencia, más de cien watt. Cuando se consulten las hojas de información técnica para cualquier tipo de transistor, debe principiarse con las especificaciones nominales máximas porque éstas delimitan las corrientes, los voltajes y otros parámetros importantes del transistor.

Las especificaciones nominales máxima para el transistor que vamos

a utilizar en la construcción del convertidor que han sido consideradas dependiendo de los valores de voltaje y corriente a utilizar:

TRANSISTOR NTE 181

NPN

PD Potencia de disipación 200 watt

Ic Corriente colector 30 Amp.

Ft Frecuencia en MHz 2 MHz min

BVCBO Voltaje colector 100 V

BVCEO Voltaje emisor 100 V (cer)

BVEBO Voltaje base 4 V

Referirse a anexo 1 para tabla.

CAPITULO II
CONCEPTOS GENERALES SOBRE
TRANSFORMADORES

2.1. Introducción

Se incluye bajo la denominación general de transformador a aquellos dispositivos estáticos, es decir, sin partes móviles, destinados a transferir energía eléctrica de un circuito a otro, siendo el enlace común entre ambos circuitos, un flujo magnético común.

El transformador no es, propiamente, una máquina eléctrica, pues el concepto "máquina" presupone siempre órganos en movimiento y el transformador es, como hemos dicho, un dispositivo estático. Además, en las máquinas eléctricas, o bien hay conversión de energía eléctrica mecánica (motores) o conversión de energía mecánica en energía eléctrica (generadores); es decir, que siempre existe cambio de energía de una clase, en energía de otra clase diferente. Por el contrario en los transformadores solamente se modifica energía eléctrica de unas características determinadas de tensión y corriente en energía también eléctrica, pero de diferentes características de tensión y corriente.

2.2 Fundamento del Transformador

En su forma más sencilla, un transformador está constituido por un circuito magnético, formado por chapas apiladas de material ferromagnético, sobre el que se arrollan dos bobinas B_1 y B_2 . Si

conectamos la bobina B_1 a los terminales de un generador de corriente alterna G y cerramos el círculo de la bobina B_2 mediante una impedancia Z , la bobina B_1 actúa como una inductancia que, al ser atravesada por la corriente procedente del generador G produce un flujo alterno que circula por el circuito magnético, induciendo una fuerza electromotriz en la bobina B_2 de la misma frecuencia que la tensión aplicada a la bobina B_1 ; como consecuencia, por el circuito eléctrico constituido por B_2 y Z , pasa una corriente. Es decir que, por inducción mutua, o sea por medio de un flujo magnético una potencia alterna pasa de un circuito eléctrico a otro circuito eléctrico, separado del primero. Como, solamente un flujo variable puede producir una fuerza electromotriz inducida y el transformador no tiene partes móviles, se deduce fácilmente que el transformador solamente puede funcionar con corriente alterna, ya que la corriente alterna es la que produce el flujo magnético alterno necesario para el funcionamiento del transformador.

A la bobina B_1 que actúa como generadora del flujo se le llama arrollamiento primario o, también, devanado primario, la bobina B_2 que actúa como receptora del flujo se denomina arrollamiento secundario o devanado secundario. El circuito eléctrico constituido por el generador y el arrollamiento primario, es el circuito primario o, más sencillamente, primario del transformador; de la misma forma, el circuito eléctrico constituido por el arrollamiento secundario y la carga, es el circuito secundario o, abreviadamente, secundario del transformador. Se llama tensión primaria y corriente primaria, a la tensión aplicada al primario y a la corriente que atraviesa dicho circuito; y tensión secundario y corriente secundaria a la tensión

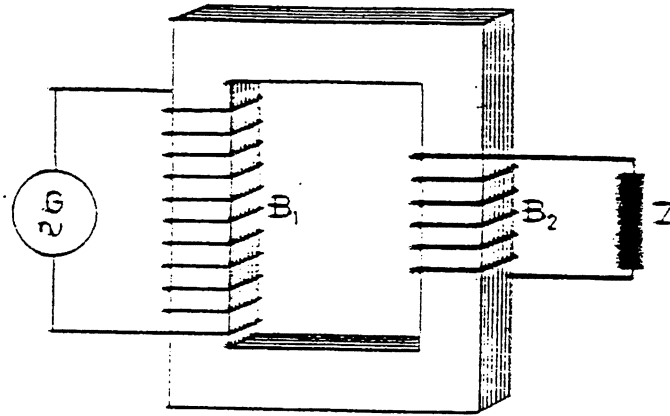


Fig 2-1 — Disposición general de un transformador.

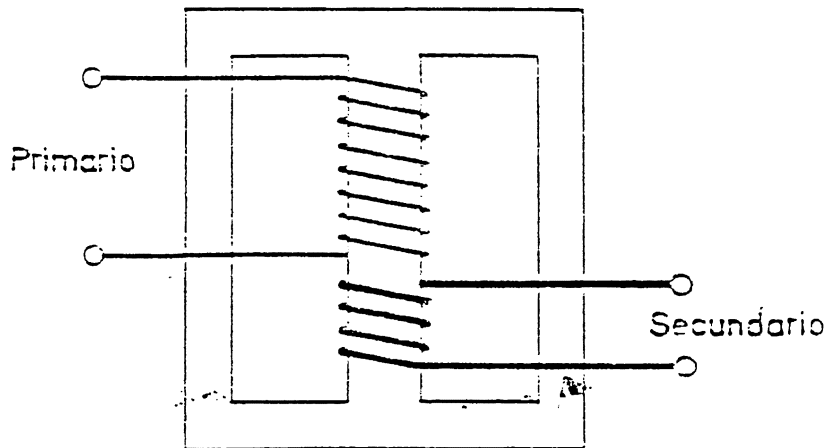


Fig 2-2 Disposición general de un transformador monofásico acorazado.

que aparece entre los bornes del secundario y a la corriente que atraviesa este circuito cuando se le conecta una carga.

Por lo general, los valores de las tensiones primaria y secundaria son diferentes y también se establece una distinción entre los devanados correspondientes, designándolos como devanado de alta tensión y devanado de baja tensión, respectivamente, sin precisar los valores absolutos de la tensión. Incluso ambos devanados pueden ser, considerados de una forma absoluta, de alta tensión, como sucede, por ejemplo, en un transformador cuya tensión primaria sea 220 kV y la tensión secundaria sea de 15 kV; también puede suceder que ambos devanados sean de baja tensión, por ejemplo en un transformador para timbres cuya tensión primaria sea de 220 V y la tensión secundaria de 12 V. En ambos ejemplos, el devanado de alta tensión es al que -corresponde la tensión más alta (220 kV en el primer ejemplo y 220V en el segundo), mientras que el devanado de baja tensión es el de -tensión más baja (15 kV en el primer ejemplo y 12 V en el segundo).

Cuando el devanado primario es también el devanado de alta tensión, se trata de un transformador reductor, es decir, que reduce la tensión; por el contrario, si el devanado primario es el devanado de baja tensión, se trata de un transformador elevador ya que la tensión de utilización en el secundario, es más elevada que la tensión primaria.

2.3 Clasificación de los Transformadores

Para clasificar todos los transformadores que se emplean pràc-

ticamente, pueden seguirse varios criterios. Pero nos referimos a la clasificación específica de el transformador utilizado en la construcción del convertidor.

Por el sistema de tensiones que transforman se denomina :

.Transformadores monofásico-monofásico.

Por la disposición del circuito magnético:

.Transformador acorazado (2.2), caracterizado por la existencia de dos columnas exteriores, por las que se cierra el circuito magnético y que están desprovistas de bobinado. En los transformadores monofásicos (vease figura 2.2), los devanados primario y secundario se agrupan en la columna central.

Por la disposición de los devanados:

.Transformadores de devanados doblemente concéntricos (figura 2-3) que derivan de los anteriores y en los que el devanado de baja tensión está subdividido en dos mitades, quedando el devanado de alta tensión en la parte central, es decir, entre las dos mitades del devanado de baja tensión.

Por el sistema de refrigeración :

.Transformadores refrigerados por aire (transformadores secos)

Por el medio ambiente en que deben funcionar:

,Transformador para interior.

2.4 Organos magnéticos de los transformadores

Los órganos magnéticos constituyen el circuito magnético del transformador, que está formado por dos o más núcleos alrededor de los cuales se arrollan los devanados de alta y de baja tensión y de

dos o más culatas o yugos que unen los núcleos magnéticos, cerrando de esta forma el circuito magnético.

El circuito magnético del transformador está constituido por chapas magnéticas de 0.35 mm de grueso. Antes se utilizaban planchas aleadas, con gran contenido de silicio, cuya cifra de pérdidas era de 1 a 1.5 W/Kg. En la actualidad se utilizan casi exclusivamente las chapas magnéticas de grano orientado, cuya cifra de pérdidas es solamente de 0.4 a 0.6 W/Kg en el sentido más apropiado, que es el de la magnetización en el mismo sentido que la laminación, y cuya curva de magnetismo es casi rectangular. Todas las chapas magnéticas van aisladas a ambos lados, por medio de esmalte o con aislamiento de papel; esto se hace así para reducir las pérdidas por corrientes parasitas.

La unión entre núcleos y culatas puede efectuarse por el procedimiento :

. Por junta ensamblada (figura 2.4) en que la unión entre núcleos y culatas se hace por ensamble es el procedimiento más utilizado en transformadores de pequeña y mediana potencia.

. Sección cuadrada (figura 2.5) o rectangular (figura 2.6) empleada sobre todo para pequeños transformadores; en este caso las bobinas tienen la misma forma que la sección de los núcleos tal como puede apreciarse en ambas figuras, donde se ha representado también la forma del correspondiente arrollamiento.

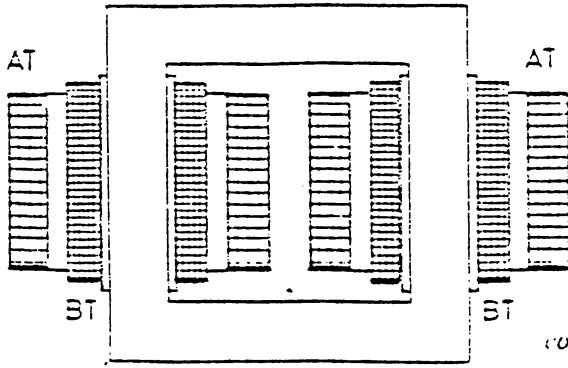


Fig 2-3

Transformador de devanados concéntricos.

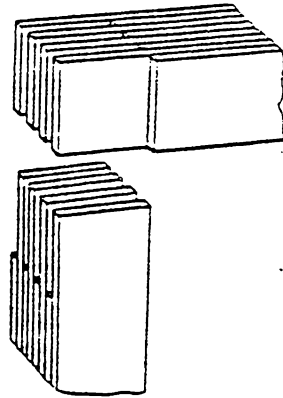


Fig 2-4 - Junta ensamblada para union de columnas y culatas.

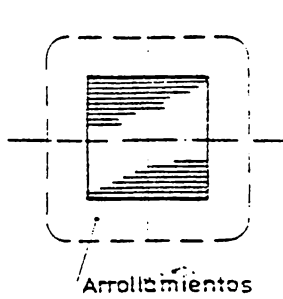


Fig 2 5

Núcleo de sección cuadrada.

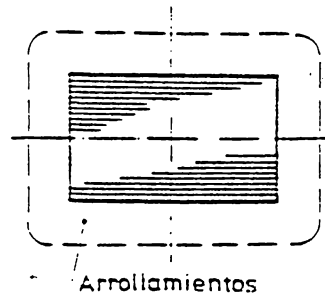


Fig 2 6

Núcleo de sección rectangular.

2.5 Procedimiento para Hacer el Transformador

1er. Paso

- .Tenemos que saber que valor de voltaje en el devanado primario y secundario vamos a tener.
- .Saber la cantidad de corriente que nos va a consumir y a demandar.
- .Calcular la potencia máxima del transformador.
- .Tenemos, que saber que valor de voltaje en el devanado primario y secundario vamos a tener.
- .Teniendo todos estos valores resueltos nos remitimos a una tabla que nos dará que tipo de calibre que se usará.

2o. Paso

- .Teniendo el núcleo de hierro hacemos el carrete aislante que nos sirve para enrollar el alambre con las vueltas ya calculadas.
- .Para el carrete se hace un núcleo de madera con las medidas necesarias para introducirlo internamente. Fig. 2.7
- .Este núcleo de madera lleva una perforación donde entrará el vástago de la embobinadora sujetándolo el carrete y se comenzará a embobinar.
- .Cuando se termina una capa de vueltas en el carrete se pone un aislante interno (papel mantequilla, cebolla, ect.) por último el papel miller con el fin de separar cada capa de vueltas. Si hay un empalme interno en el carrete se protege con un aislante espe

cial para altas temperaturas esto es spagueti que se usa también para ponerles a las salidas de voltaje.

. Cuando el carrete esta totalmente embobinado con las vueltas exactas como sea calculado se procede al paso No.3.

3er. Paso

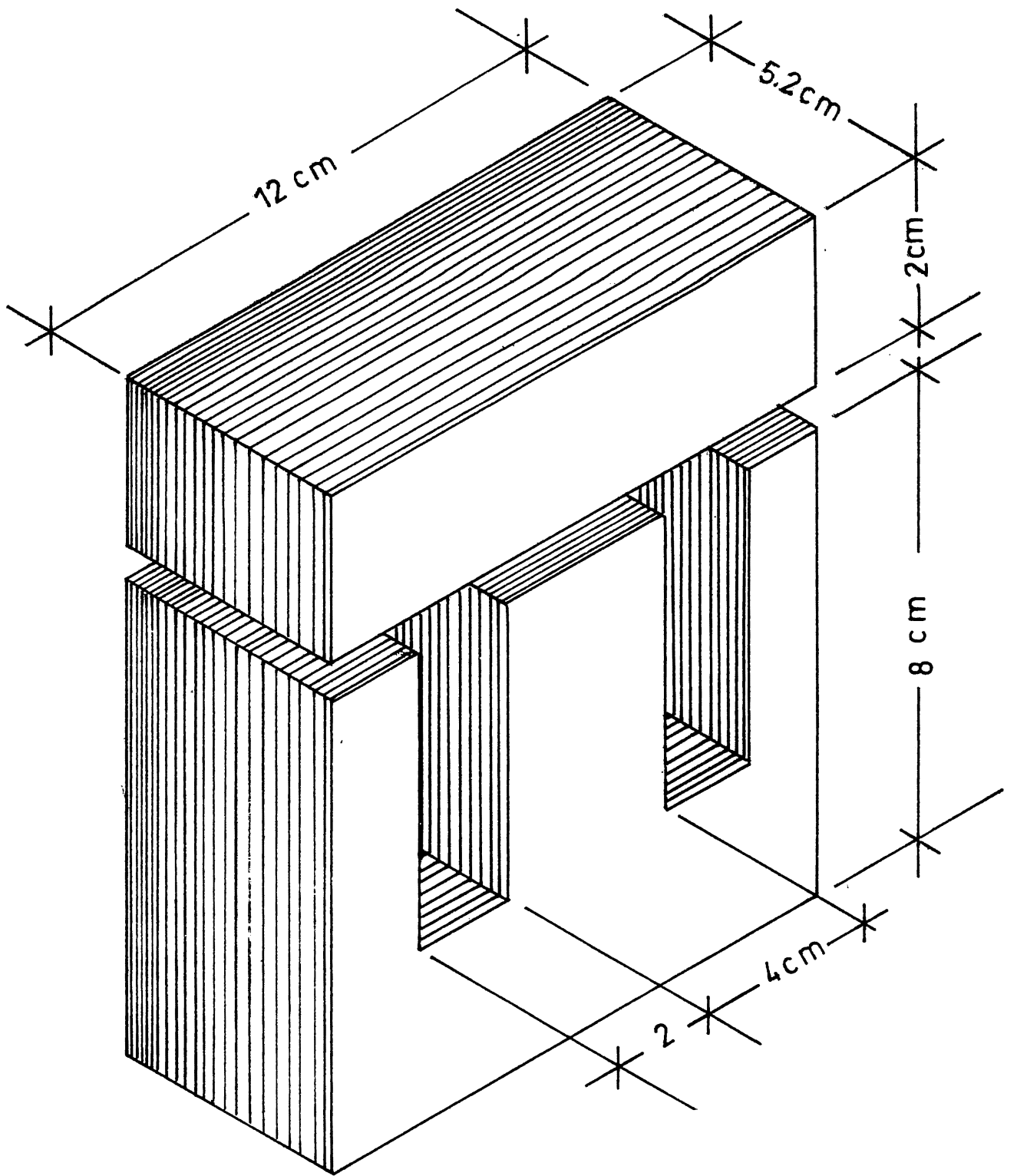
. Terminado el aislante se procede a introducir las chapas para armar el transformador.

4o. Paso

. Aplicar tensión en los debanados del transformador para comprobar si los valores son iguales a los calculados.

5o. Paso

. Se hacen las pruebas necesarias al transformador.



Nucleo de el Transformador

Convertidor

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FIGURA 2,7

2.6 Calculo del Transformador

PASO No.1

Encontrar el àrea del nùcleo

$S = b \times h$ donde $S = \text{Area}$ $b = \text{base}$ y $h = \text{altura}$

$S = 4\text{cm} \times 5.2\text{cm}$

$S = 20.8\text{cm}.$

PASO No.2

Determinar el nùmero de espiras voltios

$EV = \frac{\text{const}}{S}$ donde $EV = \text{Espiras y constante} = 45$ Anexo 4

$EV = \frac{45}{S}$ $EV = \frac{45}{20.8}$ $EV = 2.16 \text{ EVP}$

PASO No. 3

Determinar los Ev de el debanado primario y secundario

$N_p = EV(v)$ donde $NP = \text{debanado primario}$

$NS = \text{debanado secundario}$

$N_{pA} = (2.16 \text{ Evp}) (12V)$

$N_{pA} = 26 \text{ vueltas}$

$N_{pB} = (2.16 \text{ EVP}) (12V)$

$N_{pB} = 26 \text{ vueltas}$

$N_{pC} = (2.16 \text{ Evp}) (4V)$

$N_p = 9 \text{ vueltas}$

$$N_s = (2.16 E_{vp}) (120 V)$$

$$N_s = 259 \text{ vueltas}$$

PASO No. 4

Càlculo de la potencia màxima que puede trabajar el transformador

donde P_{max} = Potencia màxima, constante = 1.16.anexo 4

$$P_{max} = \left(\frac{s}{CONST} \right)^2$$

$$P_{max} = \left(\frac{20.8}{1.16} \right)^2$$

$$P_{max} = 321.52 \text{ watt}$$

PASO No. 5

Determinar la corriente en los devanados primarios y secundarios.

donde I = corriente, P_{max} - potencia màxima V voltios del devanado

$$I = \frac{P_{max}}{V} \quad V_{pA} + V_{pB} + V_{pC} = 12+12+4 = 28 \text{ voltios}$$

$$\text{Corriente del primario } \frac{321.52 \text{ watt}}{28 \text{ voltios}} = I_{p1} = 11.48 \text{ amp.}$$

$$\text{Corriente del Secundario } \frac{321.52 \text{ watt}}{120} = 2.7 \text{ amp.}$$

Para verificar el calibre del alambre a utilizar nos remitimos a una tabla en donde aparece el amperaje que soporta cada calibre ejemplo: tenemos en el primario 1. amperio buscamos en la tabla 1. amperio , en la tabla aparece 1.030 entonces el calibre para el primario serà No.20.

Para el devanado primario se utilizarà calibre No.9 y para el devanado secundario se utilizarà calibre No.16.

TABLA DE CALIBRES PARA EMOBINAR TRANSFORMADORES

No.	DIAMETRO EN mm	l EN AMPERIOS
1	7.35	84.410
2	6.54	66.830
3	5.83	53.107
4	5.19	42.087
5	4.67	33.350
6	4.115	26.458
7	3.665	20.987
8	3.264	16.646
9	2.906	13.195
10	2.588	10.465
11	2.30	8.265
12	2.063	6.585
13	1.828	5.221
14	1.628	4.141
15	1.450	3.285
16	1.291	2.604
17	1.15	2.066
18	1.024	1.638
19	0.912	1.299
20	0.812	1.030
21	0.723	0.816
22	0.644	0.648
23	0.573	0.513
24	0.511	0.408
25	0.455	0.323
26	0.405	0.256

No.	DIAMETRO EN mm	I EN AMPERIOS
27	0.361	0.203
28	0.321	0.161
29	0.286	0.127
30	0.255	0.101
31	0.227	0.080
32	0.202	0.064
33	0.180	0.051
34	0.160	0.040
35	0.193	0.032
36	0.127	0.025
37	0.113	0.020
38	0.101	0.016
39	0.0897	0.012
40	0.0799	0.010

CAPITULO III

CONVERTIDORES CONTINUA-ALTERNA

3.1 Introducción

Reciben la denominación de convertidores continua-alterna, onduladores o inversores, todos aquellos aparatos que son capaces de transformar la energía eléctrica de corriente continua en energía eléctrica de corriente alterna. Entre los más destacados podemos citar el vibrador, el convertidor rotativo y los convertidores mediante tiristores.

La ausencia de órganos en movimiento, elevado rendimiento, larga duración de vida y seguridad de funcionamiento, son algunas de las muchas ventajas que los tiristores ofrecen sobre los demás sistemas de conversión de energía eléctrica.

3.2 Clasificación de los onduladores

En una primera división los onduladores pueden clasificarse en dos grandes grupos a saber :

Onduladores no autónomos

Onduladores autónomos

Los onduladores no autónomos están destinados a trabajar en unión de red alterna ajena a él; como consecuencia, este tipo de ondulador ha

de poseer una fuerza electromotriz apenas superior a la fuerza electromotriz proporcionada por la red, por lo que si la tensión proporcionada por este ondulator no alcanza el valor adecuado, ha de intercalarse un transformador de rendimiento apropiado entre el ondulator y la red. Por otra parte, es igualmente evidente que este tipo de ondulator debe suministrar a la red una tensión de la misma frecuencia y de la misma fase que aquélla. Dado que las características de salida de un ondulator no autónomo deber ser iguales a las características de la red, es por lo que este tipo de ondulator recibe el calificativo de ondulator no autónomo.

Los ondulatorios autónomos están destinados al suministro de energía en redes pasivas, es decir redes que no contienen ninguna fuente de tensión, por lo que ellos mismos determinan su frecuencia, su fase y su tensión de salida, de ahí su nombre. Es éste el tipo de ondulator que más se utiliza en la industria, y por tanto al que prestaremos mayor atención.

Los ondulatorios autónomos se subdividen a su vez en :

Ondulatorios autónomos controlados

Ondulatorios autónomos autooscilantes

En los ondulatorios controlados los impulsos de mando de los tiristores son obtenidos a partir de un oscilador estabilizado independiente, el cual recibe el nombre de piloto, y que reemplaza a la red 60 Hz cuando ésta deja de funcionar por cualquier circunstancia.

Los onduladores autooscilantes reciben los impulsos de mando del circuito de utilización. La frecuencia depende por tanto de este último.

3.3 Onduladores electro mecánicos

En la figura 3-1, se muestra el circuito más simple de un ondulator electromecánico mediante batería con toma central y conmutador. Cuando la carga Z está conectada al borne 1 de conmutador, la corriente circula a través de ella en un sentido, mientras que cuando se encuentra aplicada al borne 2 la dirección de la corriente es la opuesta. Si la conmutación se efectúa con la suficiente velocidad, encontramos en bornes de la carga una tensión alterna cuya frecuencia depende de la velocidad con que se efectúe la conmutación.

Este elemental tipo de ondulator ofrece el inconveniente de que durante el tiempo de paso del borne 1 al 2 del conmutador, por la carga no circula corriente, y de que se necesita una doble fuente de energía para su correcto funcionamiento. Véase en la figura 3.2 el oscilograma de este tipo de ondulator. Aunque la tensión obtenida es alterna, no es sinusoidal. Tenga esto en cuenta puesto que ello motiva que a la salida del ondulator se coloque un filtro, que convierta esta tensión alterna no sinusoidal en tensión alterna sinusoidal.

Con el fin de evitar el utilizar una doble fuente de alimentación, puede recurrirse al montaje que se muestra en la figura 3-3, en la que puede apreciarse cómo por medio de un transformador se consigue eliminar una de las dos fuentes de corriente continua, y sin embargo

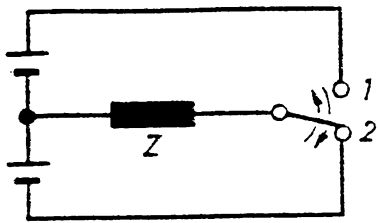


Fig 3.1 Ondulador electromecánico elemental mediante batería con toma central y conmutador.

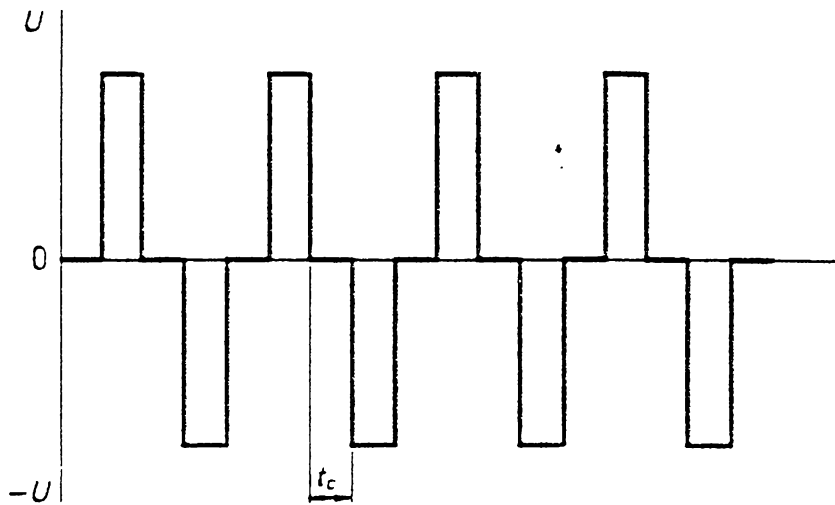
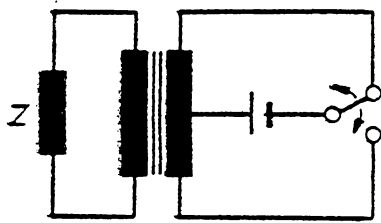


Fig 3.2 -Oscilograma del ondulator de la figura anterior: t_c —tiempo de conmutación.

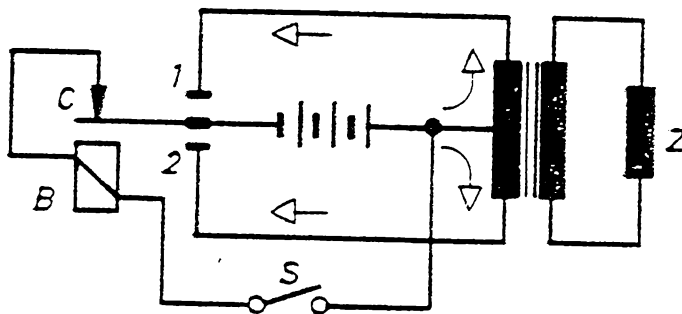
en bornes de la carga sigue existiendo la tensión alterna necesaria para su funcionamiento.

En la figura 3-4, se muestra el esquema de un ondulator electromecánico que se ha utilizado durante mucho tiempo. Consiste en un contacto inverso que vibra al igual que lo hace un zumbador. Estas vibraciones son conseguidas gracias a la bobina B, la cual se alimenta a través del contacto C. Al cerrar el interruptor S, y dado que el contacto C está en posición de reposo, circula a través de la bobina una corriente eléctrica de valor apropiado para producir un campo electromagnético que atraiga la lámina metálica del contacto C. La acción del campo magnético producido por la bobina - hace que al separarse la lámina metálica del contacto c, quede interrumpido el circuito de alimentación de la bobina y, por lo tanto, esta deja de atraer a la lámina metálica, la cual vuelve a su posición de reposo restablecido de nuevo la circulación de corriente a través de la bobina. El ciclo se repite indefinidamente mientras permanezca cerrado el interruptor S.

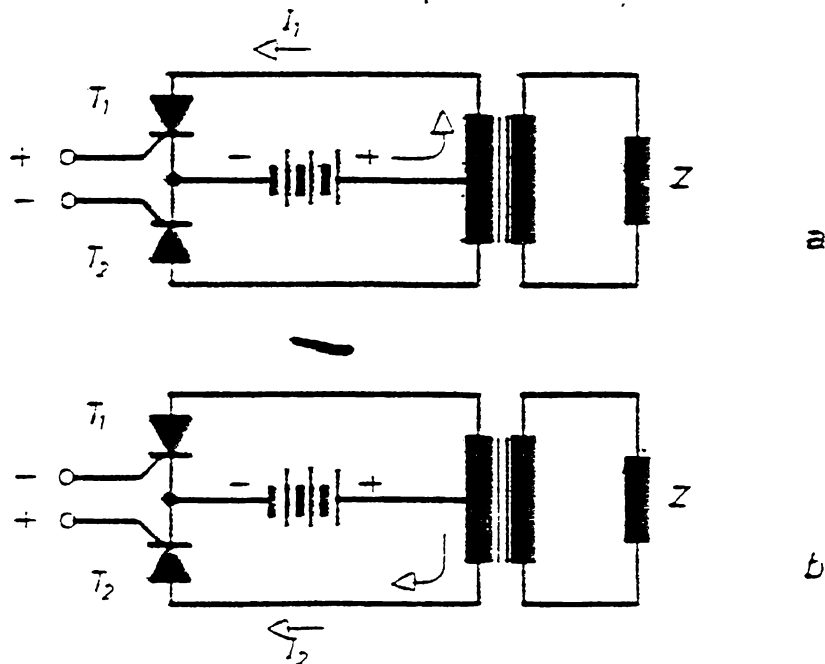
La lámina, en su movimiento vibratorio, se pone en contacto alternativamente con los plots fijos 1 y 2. Esta circunstancia provoca -- que la corriente de la batería pase alternativamente de cada extremo del primario del transformador al punto neutro y, por lo tanto, el flujo magnético del núcleo del transformador cambia alternativamente de sentido, induciendo en el secundario la corriente eléctrica alterna necesaria para alimentar la carga Z.



3.3 — Ondulador electromecánico elemental con transformador de acoplamiento entre la carga y el circuito ondulator.



3.4 — Circuito ondulator mediante vibrador.



3.5 Circuito ondulator mediante vibrador electrónico: a) al aplicar una señal positiva a la puerta del tiristor T_1 , la corriente I_1 circula en un sentido por el primario del transformador, b) al invertir las señales aplicadas a las puertas de los tiristores, la corriente cambia de sentido por el primario del

3.4 Osciladores con tiristores

Entre los numerosos circuitos onduladores que pueden realizarse a base de tiristores, se pueden destacar los siguientes:

Ondulador mediante vibrador electrónico

Ondulador a cascada

Ondulador en puente

Ondulador a modulación de amplitud.

Pasemos a continuación a describir cada uno de dichos circuitos: Ondulador mediante vibrador electrónico. Este circuito está basado en el funcionamiento del ondulador mediante vibrador que se describió en el parágrafo anterior. Está compuesto de dos tiristores montados en oposición. La función de los tiristores en el circuito es la de sustituir el vibrador electromecánico que se describió anteriormente. En las figuras 3-5a y 3-5b, se muestra el funcionamiento de dicho circuito. En la figura 3-5a se aprecia como al aplicar una señal positiva al tiristor T_1 este se hace conductor y circula corriente por un semidevanado primario del transformador de acoplamiento entre el ondulador y la carga. Si las señales aplicadas a las puertas de los tiristores se invierten, el tiristor T_2 pasa a ser conductor y cortocircuita al tiristor T_1 el cual, al no tener señal en su electrodo de gobierno, deja de ser conductor (figura 3-5b). La corriente que circula por el segundo semidevanado primario del transformador es ahora opuesta a la anterior, y por lo tanto en el secundario encontramos una corriente alterna cuya frecuencia dependerá de la frecuencia de los impulsos de corriente que se apliquen a las puertas de los tiristores.

IV CAPITULO

CONSTRUCCION DEL CONVERTIDOR

4.1 Introducción

En este capítulo se muestra todo los diagramas para el funcionamiento y construcción de un convertidor.

Todos los diagramas colocados en forma ordenada para guiarse mejor en la elaboración, como son : Diagrama de bloques en el cual se representa el funcionamiento por fases, diagrama funcional, Diagrama de planta y vista exterior complementado con funcionamiento, lista de materiales, procesos de construcción y datos técnico para especificar las características de los elementos utilizados y además logrando así su fácil comprensión.

4.2 Convertidor 12V DC-110VAC 60Hz

En ocasiones es necesaria una fuente de tensión de 110 V en corriente alterna para lugares donde no se dispone de la misma. Mediante este dispositivo se podrá obtener dicha tensión a partir de los 12V de una batería de automovil. De esta forma, en una excursión, acampada libre, etc., se podrá disponer de toma de tensión para una lámpara, flash electrónico, ventilador.

Los convertidores son siempre un tema fascinante para el aficionado. La máquina de afeitar, el molinillo de café y tantos otros electrodomesticos necesitan como alimentación 110 V de corriente alterna; así mismo, los soldadores corrientes necesitan esa tensión de trabajo y

puede surgir una emergencia en un equipo de radio o similar en el lugar más insospechado.

También, una vez obtenidos los 110 V de corriente alterna, se pueden rectificar y duplicar, triplicar, etc. De esta forma se logrará poseer una fuente de alimentación de tensión elevada.

Los inconvenientes que presenta un convertidor de este tipo, es la limitada potencia que pueden manejar, la cual se puede incrementar sustituyendo los transistores por otros de mayor potencia, así como el gran tamaño del transformador. Por otra parte, la forma de onda presente a la salida del transformador es cuadrada, lo cual puede ser un inconveniente en algunas aplicaciones.

Para disponer de un convertidor de alta potencia con forma de onda de salida del tipo senoidal, había que recurrir a oscilador de 60Hz de onda senoidal, y posteriormente, amplificarla por medio de un amplificador de audio de baja distorsión en 60 Hz, conectando a su salida un transformador especial.

Como este método es excesivamente complicado, y en la mayoría de los casos es suficiente trabajar con onda cuadrada, con onda cuadrada, hemos optado por el circuito de la figura 1, que reúne las características de gran sencillez, así como bajo precio y alto rendimiento.

Para hacerlo más completo aproximamos la forma onda a la senoidal, añadiendo a la salida del transformador los componentes indicados

en anexo 2 , con lo que obtendremos una curva característica - bastante parecida. Ver anexo 3, figura 3.1

4.3 Descripción del Circuito

El circuito convertidor está básicamente constituido por los componentes de la figura 1

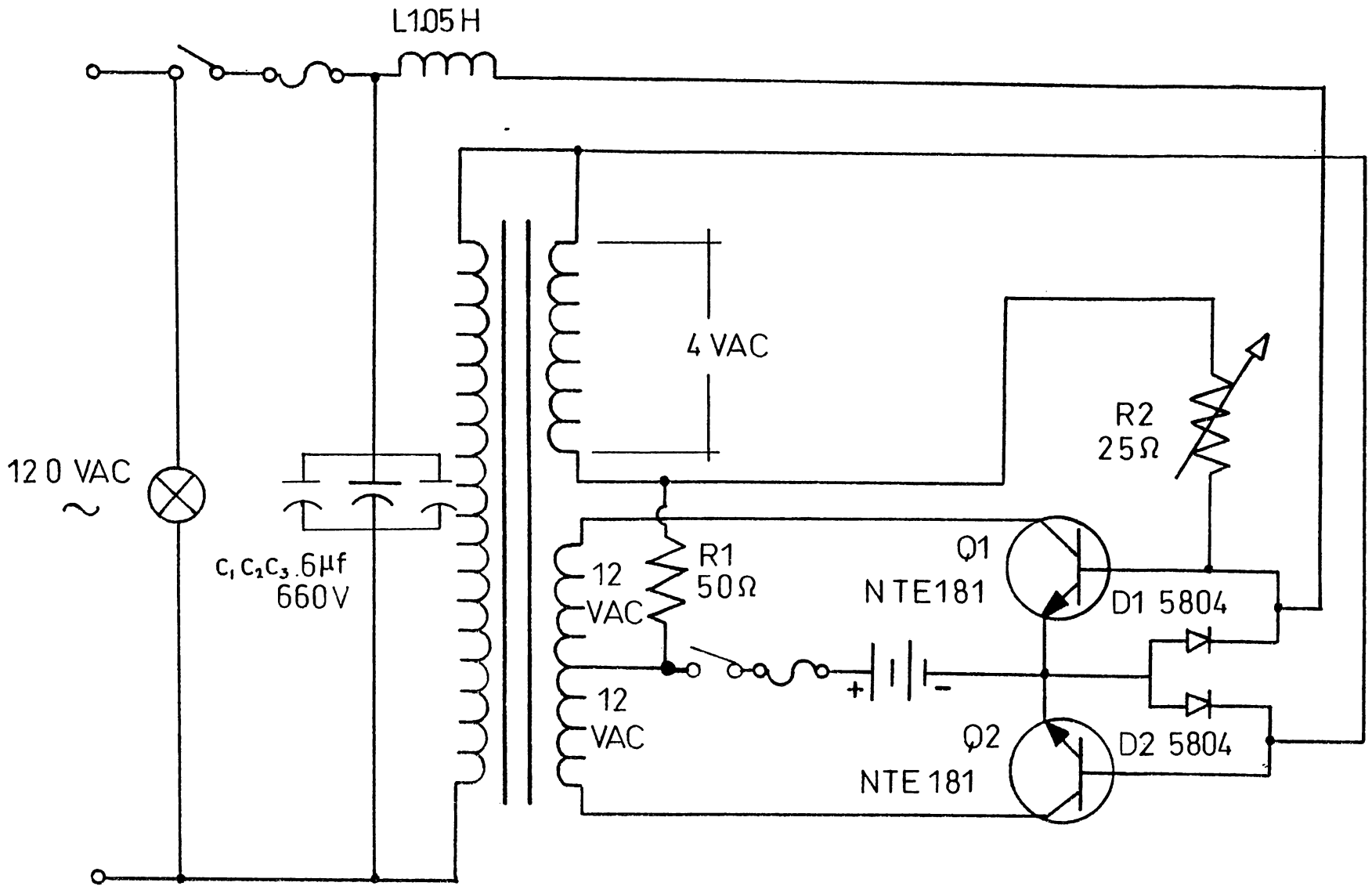
Se ha decidido utilizar este tipo de circuito por no necesitar un transformador con devanados especiales, utilizando por lo tanto, uno normal de los que se utilizan habitualmente en fuentes de alimentación (relación de vueltas 10: 1+1).

Los dos transistores actúan como conmutadores conectados a la tensión de alimentación (12 V) con una frecuencia de 60 Hz en cada devanado de 12 V del transformador (que en este caso se utiliza como primario).

4.4 Funcionamiento

El funcionamiento de este convertidor DC a AC, está basado principalmente, en el corte y saturación de los transistores convirtiendo así la corriente directa en señal pulsatoria de 12 voltios, la cual es llevada al devanado primario de un transformador que eleva los pulsos a 110 voltios, de corriente alterna de onda cuadrada.

Observando en el circuito de la figura 1 el transistor Q_1 está conectado en directa, el polo negativo de la batería llega al emisor



y base de el transistor y el colector esta conectado al polo positivo.

Como Q_1 està en directa se le aplica una tensiòn de 12 V DC, una corriente circula por las resistencias R_1 y R_2 , llegando a la base de el transistor Q_1 que entra en saturaciòn mandando un pulso, introduciendo al devanado primario N_1A de el transformador.

Para crear una onda oscilante se necesita otro transistor para que funcione alternadamente, ambos transistores funcionan uno a la vèz. Para esto se necesita una fuente de 4 vòltios (N_1C); la cual irà a la base de Q_2 , cuando èste entra en saturaciòn deja conducir un pulso el cual es introducido al otro devanado primario N_1B del transformador, cuando Q_2 entra en saturaciòn el Q_1 entra en corte por la diferencia de tensiòn en la resistencia creando la oscilaciòn de la corriente directa.

El devanado primario de los 4 voltios estan concetados en retroalimentaciòn con un devanado de 110 voltios, para que exista una compensaciòn y los transistores se mantengan funcionando.

Se instalan dos diodos de Base a Emisor para proteger los transistores de posibles fluctuaciones de contra corriente en el momento de conducciòn.

4.5 Montaje

A causa de conferir al montaje rebostez y los mìnimos hilos de

conexiòn posibles (ya que los componentes son mìnimos), se han incorporado estos en el disipador de los transistores, soldàndoles directamente en los terminales de los mismos.

Los transistores deberàn montarse en un buen disipador, aislàndoles con separadores de mica previamente impregnados con grasa de silicona. Antes de colocar los restantes componentes, comprobar con un hometro los colectores de los transistores queden aislados entre sì, y del disipador.

Los cables de uniòn entre el transformador y los transistores deberàn ser lo màs cortos y de mayor secciòn posible, debido a las elevadas corrientes que circularàn por ellos. Ver anexo 2, Figura 2.2

El transformador serà uno normal de los que se utilizan para fuentes de alimentaciòn con salida de 12 x 2V. Lo ideal serìa uno de 10x2V, ya que debido a las pèrdidas en el mismo, la tensiòn obtenida utilizando uno de 12 x 2V alimentando el circuito con 12V, serà ligeramente inferior a 110V. La potencia del mismo vendrà dada por la utilizaciòn a que destinemos al convertidor. Si la carga que conectaremos es de 50 W o menos, servirà a uno de 5 A, mientras que si deseamos obtener 100W, serà necesario utilizar uno de 10 A.

Para aproximar la forma de onda a la senoidal, se conectarà en serie con la salida el secundario de un pequeño transformador de alimentaciòn (0.5 A) figura 2.4, y un condensador de buena calidad de (6mF - 66.0V). Ver Anexo 2, Figura 2.4

Resulta evidente que también podremos obtener 220V si el transformador utilizado dispone de dicha toma.

Se ha incorporado un fusible de 30A a la salida del transformador, y uno de 25A en la toma de alimentación. También se puede incorporar como testigo de que existe tensión a la salida, un piloto neón.

4.6 Lista de Materiales para la Construcción de el Convertidor 12VDC

-110 VAC 60 Hz

2 Transistores NTE 181 ò equivalente Q ₁ y Q ₂	¢ 106.00
2 Diodos rectificadores de 4 amp. D ₁ y D ₂	1.50
1 Resistencia de 25Ω 10 watts R ₂	10.00
1 Resistencia de 50Ω 10 watts R ₁	10.00
1 Transformador elevador primaria 12 _a , 12, 24 tab central, secundario 110 voltios. T ₁	75.00
2 toma hembras dobles	20.00
4 Toma hembras para bananas	3.00
1 Foco piloto 110 voltios	2.50
1 Porta fusible	5.00
1 Disipador	30.00
1 Gabinete	40.00
6 Tornillos golosos 1½	3.00
2 interruptor de 6A	20.00
Borneras	
Alambre tw 14	
pintura	
Espaguetis	

4.7 Limitaciones

- Genera una onda parecida a la senoidal
- Frecuencia 60 - 70 Hz.
- Frecuencia de 60 Hz no es estable pues es directamente proporcional a la carga de salida entre más carga mayor frecuencia, la cual puede ser controlada por medio de la resistencia variable R2.
- No puede usarse para convertir de 110 VAC a 12VDC porque el circuito está diseñado exclusivamente para convertir de 12VDC a 110VAC.
- Genera una onda semi senoidal por efecto de los condensadores y bobinas conectadas a la salida de 110 VAC ver anexo 2, figura 2.4

4.8 Especificaciones técnicas del convertidor 12VDC-110VDC 60Hz

- Convierte de 12 voltios de DC a 110 voltios de AC.
- Potencia máxima de salida 200 Watt.
- Corriente de entrada 11.7 amp
- Corriente de salida 2.2 Amp.
- Tiempo de trabajo según anexo 3 fig.3.2

4.9 Recomendaciones

- Se debe de tomar en cuenta la potencia de los transistores y su disipación de calor por lo cual se deben de poner en un disipador de un tamaño adecuado para que los transistores que tengan un rendimiento mayor.
- No sobrepasar el límite de carga establecido por la potencia

de los transistores pues si se sobrepasa la carga, los transistores dejarían de funcionar recalentándose pudiendo dañarse.

- A la hora de diseñar el transformador y especificar los valores del voltaje del primario, calcularlo para 10 voltios para cuando se le aplique una carga la caída de tensión, sea compensada y el voltaje en el secundario se mantenga estable.
- Tomar en cuenta la carga de la batería por que de ella dependerá el tiempo de trabajo a plena carga del aparato. Ver anexo 3, Figura 3.2
- Este aparato es ideal para cubrir necesidades energéticas. Por ejemplo se **puede** utilizar en un día de campo con la batería de automóvil para alimentar una televisión, licuadora, cocina eléctrica, ventilador, electrodomésticos en general.
- También se puede utilizar en el campo de la industria, para trabajar con taladros, cautines, iluminación de emergencia en caso de corte del fluido eléctrico.
- Para hacerlo funcionar es muy sencillo simplemente se conectan los terminales de la batería al aparato, este posee dos borneras una de color rojo (+) y la otra de color celeste (-), para tener una respuesta inmediata y mayor control se le a colocado un interruptor general.
- La salida de 110 voltios posee un par de borneras de color rojo

que es la salida de AC y dos tomas dobles, cada una con una capacidad de 50 watt utilizando los cuatro tomas ò 100 watt si solo se utilizan dos.

-El foco piloto indica cuando el aparato esta en funcionamiento. El cual enciende o debe de encender instantaneamente cuando se acciona el interruptor. Ver anexo 2, figura 2.3

4.10 CONCLUSION

Este aparato da solución el problema energetico en casos de emergencia.

Es bastante economico por su diseño que no requiere de muchos elementos con un costo elevado y esta al alcance de todos.

BIBLIOGRAFIA

MALVINQ, Albert Paul

Principios de Electronica, Albert Paul Malvino
3 Edisiòn, México, Mc Graw Hill, S.F. p.867.

TRANSFORMADORES CONVERTIDORES

ENCICLOPEDIA CEAC DE ELECTRICIDAD , Ed. Ceac S.A.

Perù 164 -080, Barcelona, España 6a. Edisiòn,
Septiembre 1990 ISBN 84-324 - 6004 - 7

A N E X O S 1

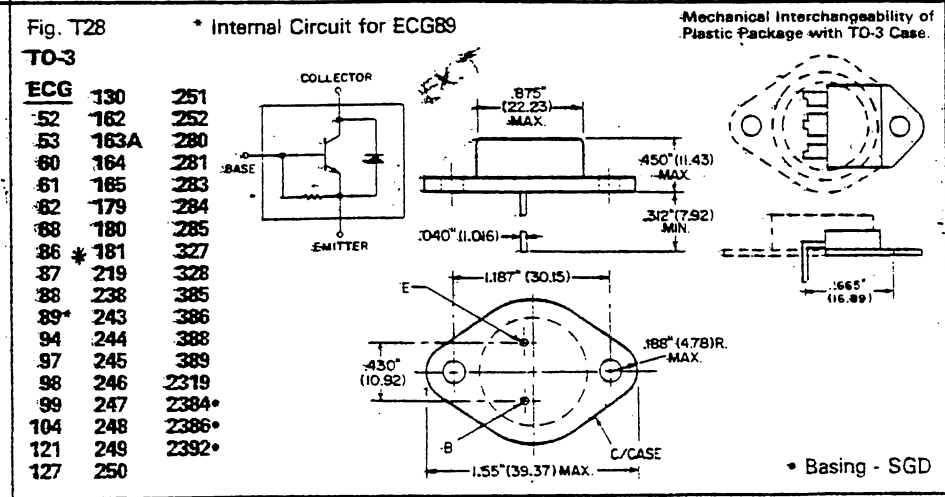
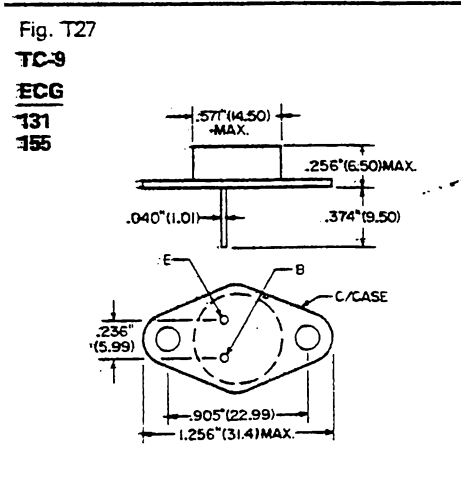
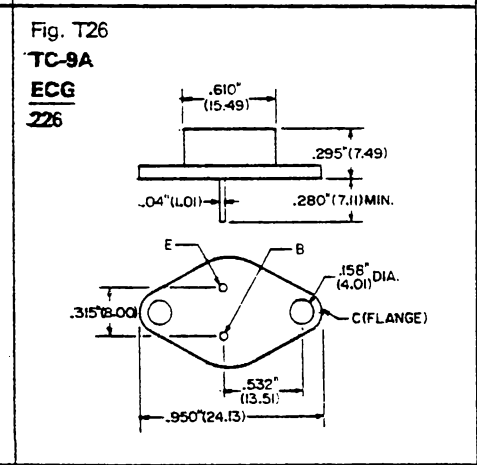
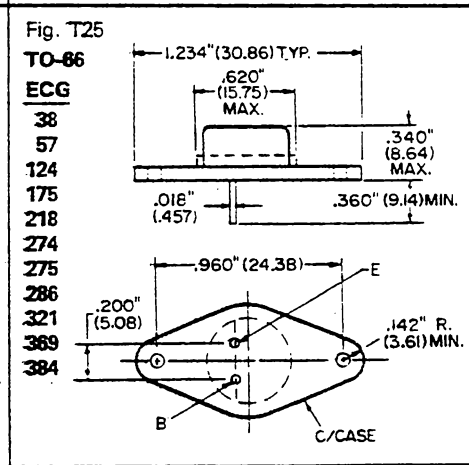
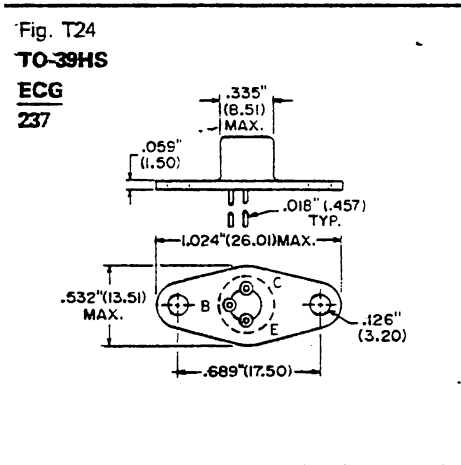
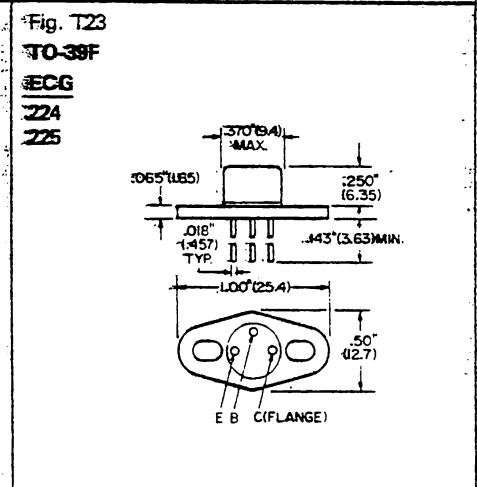
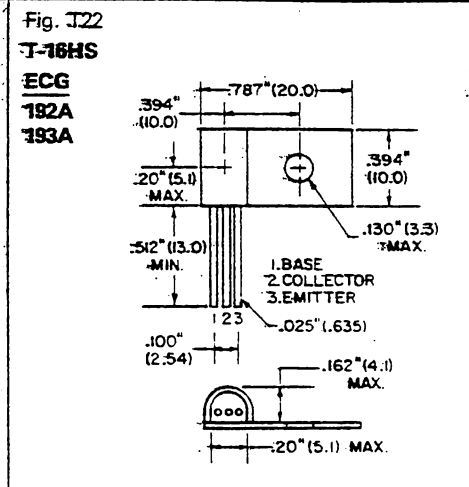
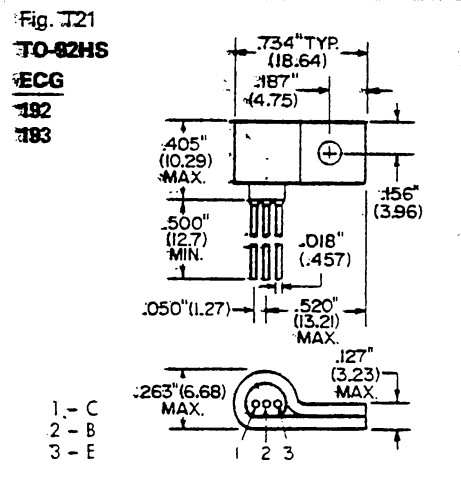
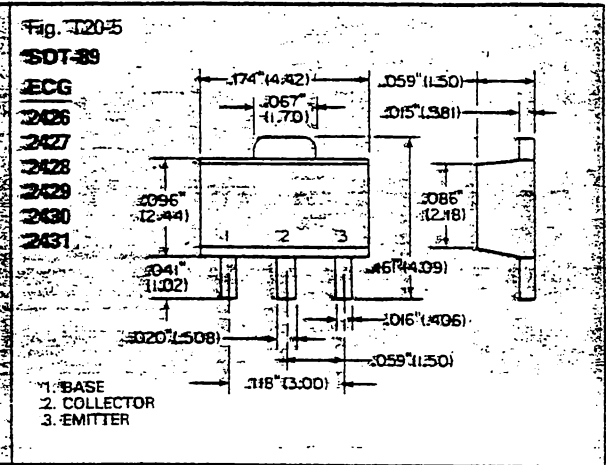
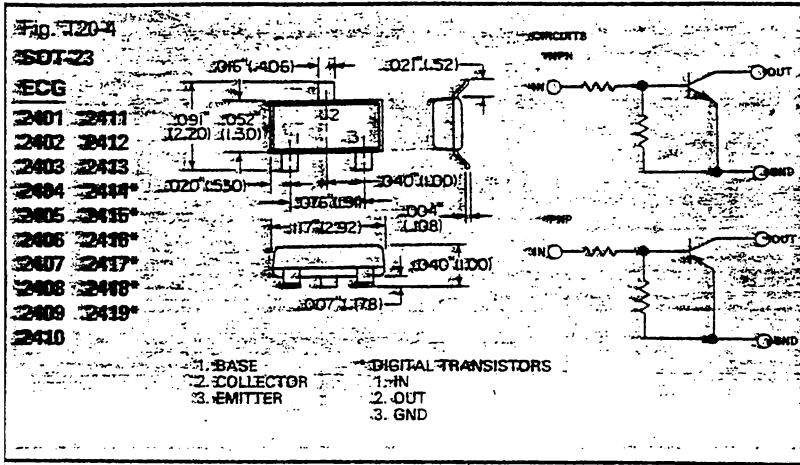
TABLA DE ESPECIFICACION

42

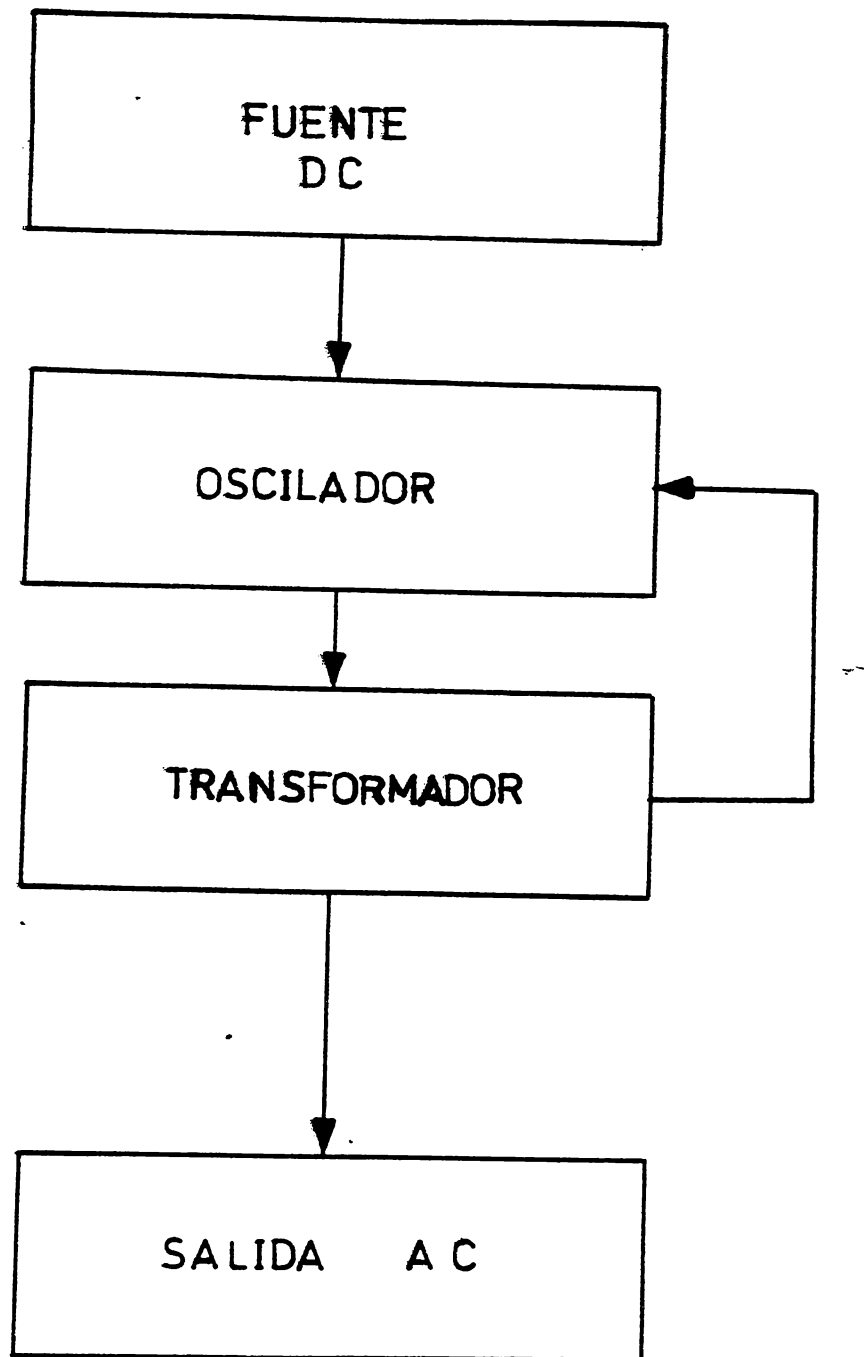
Transistors (cont'd) (Maximum Ratings at $T_C = 25^\circ\text{C}$ Unless Otherwise Noted)

ECG Type	Description and Application	Collector To Base	Collector To Emitter	Base to Emitter	Max. Collector Current	Max. Device Diss. P.D	Freq. in MHz	Current Gain	Package	
		Volts V_{CB0}	Volts V_{CE0}	Volts V_{EB0}	IC Amps	Watts	f _t	dFE	Case	Fig. No.
ECG112	NPN-Si, Vert Defl	500	300	5	3 cont. 10 peak	100	—	20 min	TO-3	T28
ECG113A	NPN-Si, Horiz Defl	700	700 (CEV)	5	10 peak	100	—	10	TO-3	T28
ECG114	NPN-Si, Vert Defl	1500	700 (CER)	5	1	50	5 min	20	TO-3	T28
ECG115	NPN-Si, Horiz Defl	1500	1400 (CES)	5	5	50	—	5	TO-3	T28
ECG117	NPN-Si, AF/Video Amp (Compl to ECG296)	300	300	5	5	10	75	40 min	TO-202	T38
ECG122A	NPN-Si, Darlington AF Preamp, Medium-Speed Sw	40	40	12	3	400 ($T_A = 25^\circ\text{C}$)	50	7000 min	TO-92	T16*
ECG175	NPN-Si, AF Pwr Amp (Compl to ECG38)	500	300	6	3	40	10	50 typ	TO-66	T25
ECG176	PNP-Ge, AF Pwr Amp	25	25	6	2	6	.700	110 typ	TO-39	T6
ECG179	PNP-Ge, AF Pwr Amp	90	90	2	25	106	35 min	55 typ	TO-3	T28
ECG179MP*										
ECG180	PNP-Si, AF Amp (Compl to ECG181)									
ECG180MCP	Matched Compl Pair-Contains one each ECG181 (NPN) and ECG180 (PNP)	100	100 (CER)	4	30	200	2 min	25 min	TO-3	T28
ECG181	NPN-Si, AF Amp (Compl to ECG180)	100	100 (CER)	4	30	200	2 min	25 min	TO-3	T28
ECG181MP*										
ECG182	NPN-Si, AF Pwr Amp, Hi Speed Sw (Compl to ECG183)	100	80	4	10	90	2	30 min	TO-127	T46
ECG183	PNP-Si, AF Pwr Amp, Hi Speed Sw (Compl to ECG182)	100	80	4	10	90	2	30 min	TO-127	T46
ECG184	NPN-Si, AF Pwr Amp, Hi Speed Sw (Compl to ECG185)	80	80	5	4	40	2	30 min	TO-126	T45
ECG184MP*										
ECG185	PNP-Si, AF Pwr Amp, Hi Speed Sw (Compl to ECG184)									
ECG185MCP	Matched Compl Pair-Contains one each ECG184 (NPN) and ECG185 (PNP)	80	80	5	4	40	2	30 min	TO-126	T45
ECG186	NPN-Si, AF Pwr Amp, Hi Speed Sw (Compl to ECG187)	70	60	5	3	12.5	50	80 typ	TO-202	T38
ECG186A	NPN-Si, AF Pwr Amp, Driver (Compl to ECG187A)	50	50	5	3	10	150	80 min	TO-202M	T39
ECG187	PNP-Si, AF Pwr Amp, Hi Speed Sw (Compl to ECG186)	70	60	5	3	12.5	50	80 typ	TO-202	T38
ECG187A	PNP-Si, AF Pwr Amp (Compl to ECG186A)	50	50	5	3	10	150	80 min	TO-202M	T39
ECG188	NPN-Si, AF Driver, Pwr Amp (Compl to ECG189)	80	80	4	2	10	50	80 typ	TO-202N	T36
ECG189	PNP-Si, AF Driver, Pwr Amp (Compl to ECG188)	80	80	4	2	10	50	80 typ	TO-202N	T36
ECG190	NPN-Si, AF Pwr Amp, Horiz Driver	180	180	5	1	10	100	40 min	TO-202N	T36
ECG191	NPN-Si, HV AF Amp, HV Video Amp (Compl to ECG240)	300	300	6	.5	10	60	40 min	TO-202N	T36
ECG192	NPN-Si, AF Pwr Output (Compl to ECG193)	70	70 (CES)	5	1	.700 ($T_A = 25^\circ\text{C}$) 1 ($T_C = 25^\circ\text{C}$)	120 min	150 typ	TO-92HS	T21
ECG192A	NPN-Si, AF PO (Compl to ECG193A)	70	70 (CES)	5	.5	.6 ($T_A = 25^\circ\text{C}$)	120	120 min	T-16HS	T22*
ECG193	PNP-Si, AF Pwr Output (Compl to ECG192)	70	70 (CES)	5	1	.700 ($T_A = 25^\circ\text{C}$) 1 ($T_C = 25^\circ\text{C}$)	120 min	150 typ	TO-92HS	T21

Transistor Outlines (cont'd)



ANEXO 2



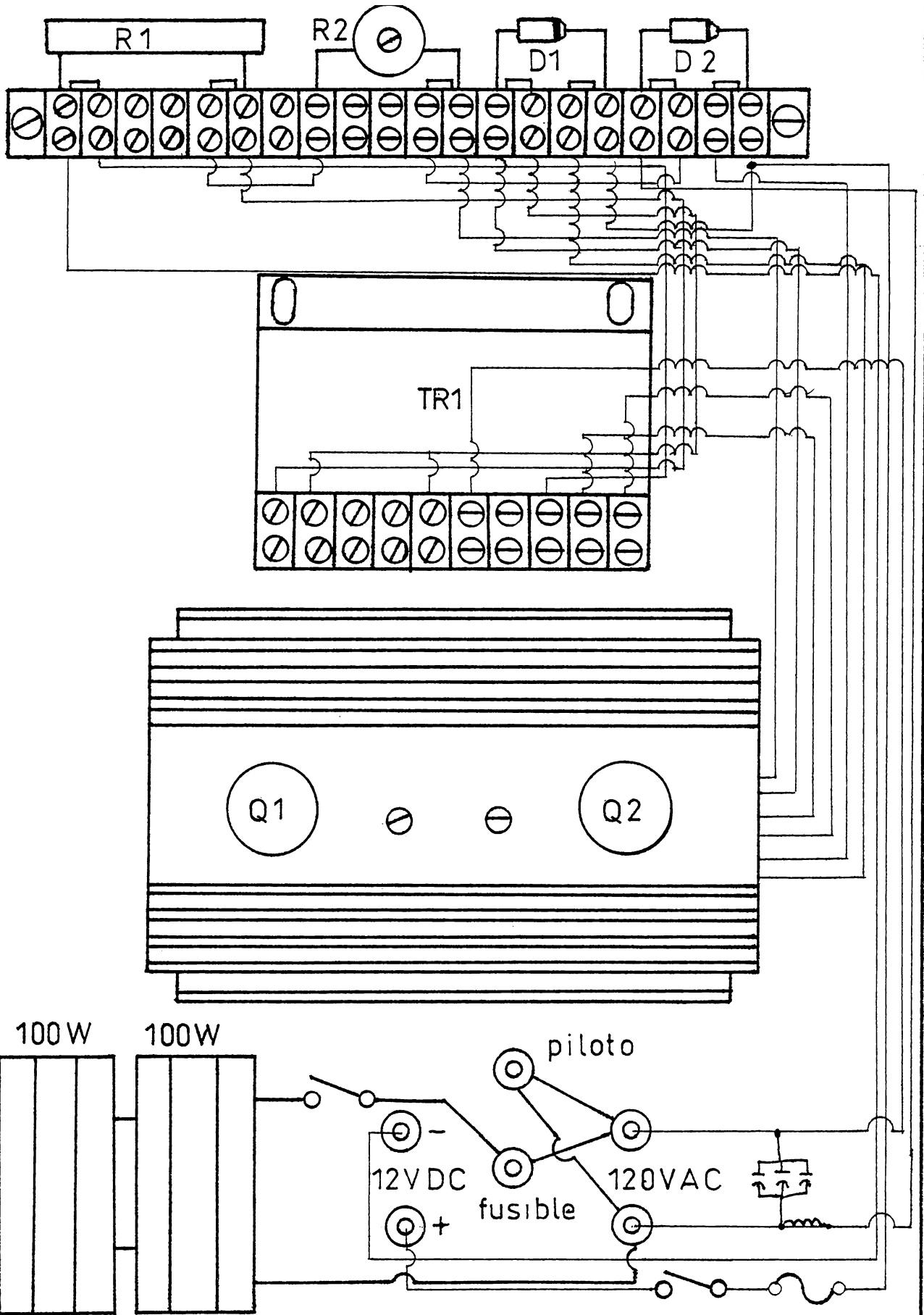
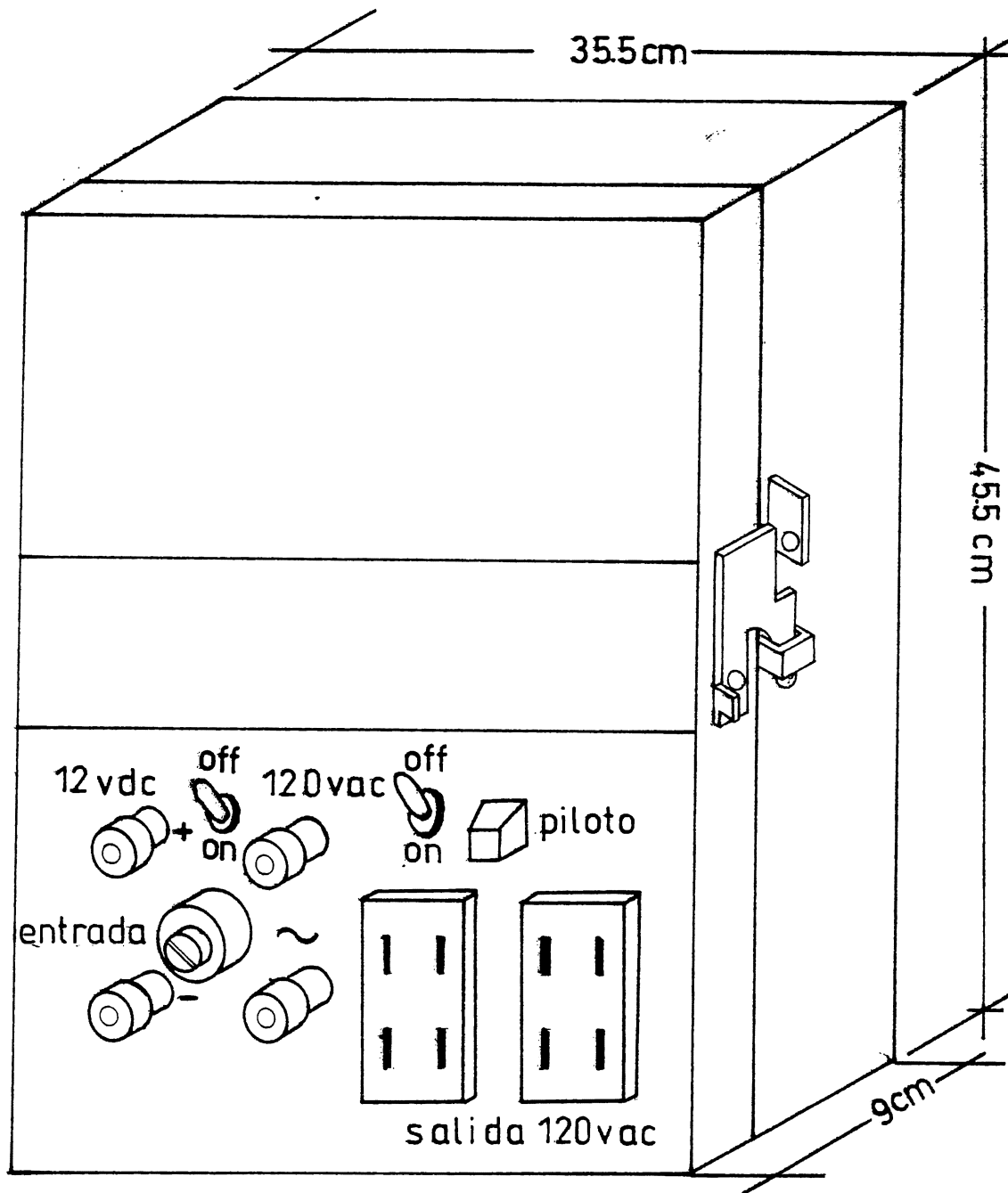


Diagrama de Emplazamientos

Convertidor

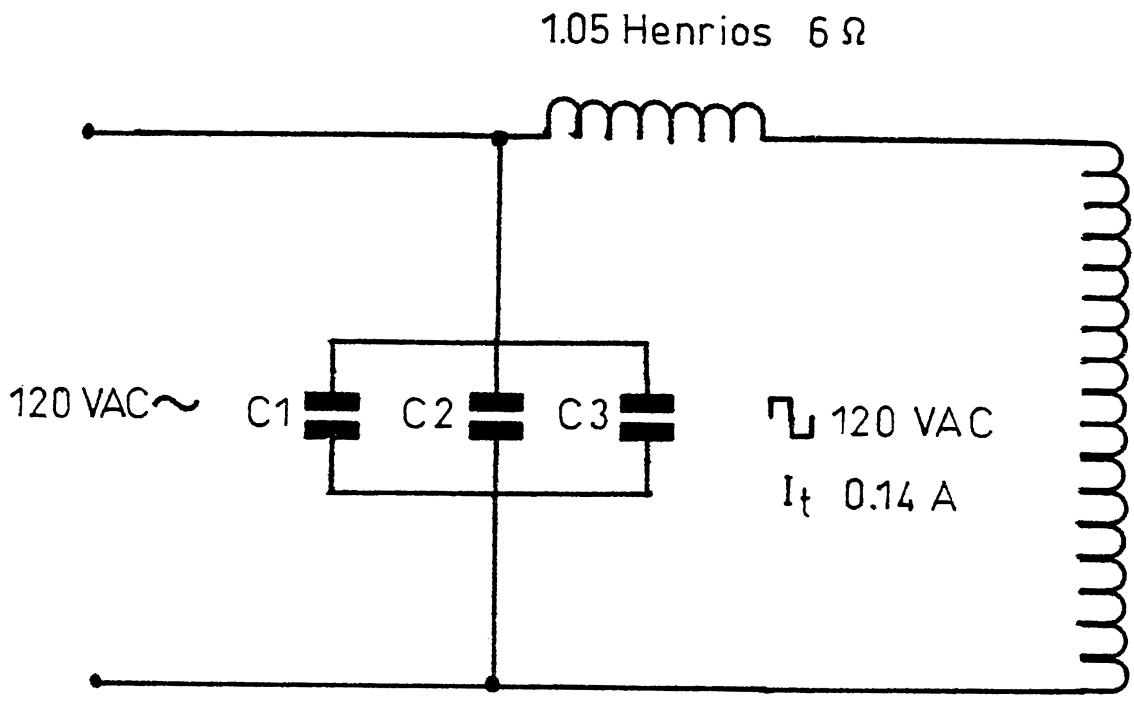


Vista Exterior

Convertidor

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FIGURA 2.3



C1, C2, C3 $6 \mu\text{f}$ 660 VAC

CALCULO DE EL FILTRO

$$S = b \times h$$

$$Ev = \frac{45}{S}$$

$$Np = EV \times V$$

$$S = (1.9) \times (1.85)$$

$$Ev = \frac{45}{3.5}$$

$$Np = 12.85 (6)$$

$$S = 3.5$$

$$Ev = 12.85$$

$$Np = 77.14 \text{ vueltas}$$

$$L = \frac{0.0787 \times (1.85)^2 \times (12.82)^2}{3(1.85) + 9(3.5) + 10(0.5)}$$

$$L = \frac{44.26}{42.05} = 1.05 \text{ Henrios}$$

$$XL = 2 \pi FL = 2 \times 3.1416 \times 60 \times 1.05$$

$$XL = 3.95.84$$

$$XC = \frac{1}{2 \pi F.C} = \frac{1}{6.28 \times 60 \times 6 \times 10^{-6}}$$

$$XC = \frac{1}{0.00226}$$

$$XC = 442$$

$$Rt = 442 \Omega + 395.84 \Omega = 837.04 \Omega$$

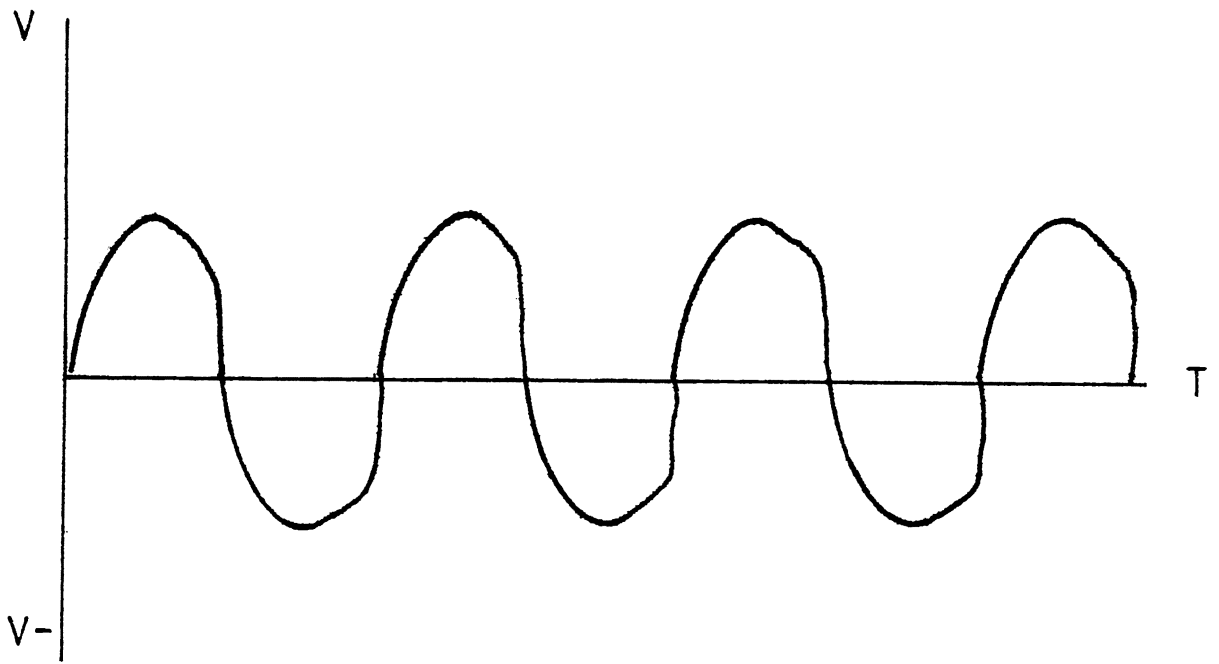
$$It = \frac{V}{R} = \frac{120V}{837.04 \Omega} = 0.14 \text{ Amp.}$$

S = Area EV = espiras vuelta, Np = número de vueltas

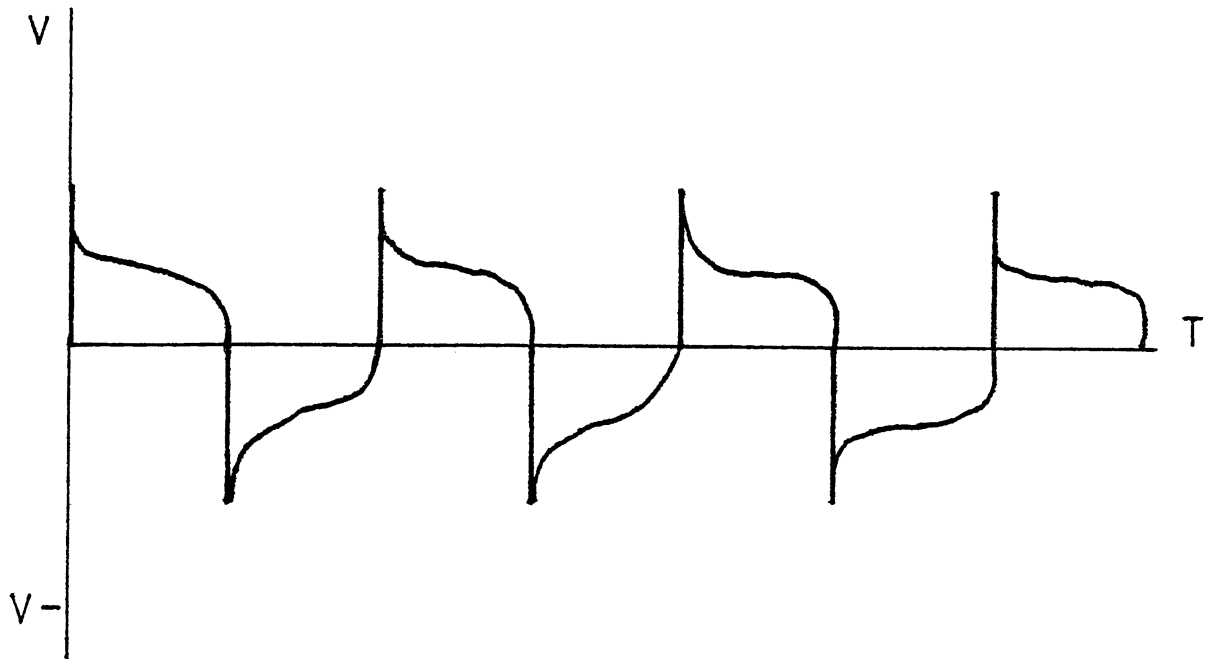
XL = Impedancia inductiva XC = Impedancia capacitiva

Rt = Resistencia total del filtro It = corriente total consumida --
por el filtro.

A N E X O 3



Señal Rectificada



Señal sin Rectifica

OSCILOGRAMA DE EL CONVERTIDOR

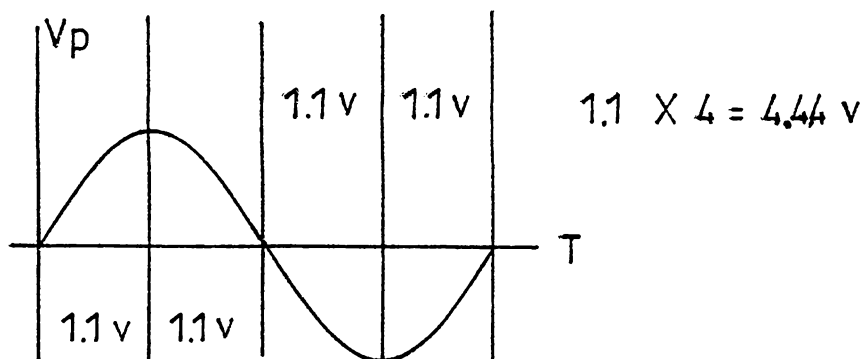
Convertidor

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FIGURA 3.1

A N E X O 4

CONSTANTE DE 45



Por cada ciclo se genera un voltaje promedio de 4.44, en cada punto máximo (+ ò -), existe 1.1 voltio y como el ciclo tiene 4 puntos a cero se multiplica por 4 dando 4.44.

Para efecto de cálculo de el transformador se multiplica por un margen de seguridad $4.44 \times 10 = 44.4$, aproximado queda 45.

CONSTANTE DE 1.16

En toda máquina eléctrica existe un rango de seguridad este rango puede ser de 1.0 a 1.32 dependiendo la potencia y el número de chapas se puede elegir el rango de seguridad y se eligio el 1.16 , por ser el más usado.