

CONSTRUCCIÓN DE UN TRANSFORMADOR TOROIDAL CASERO



Frente a las 3 grandes desventajas de los Transformadores Cuadrados que se usan para aparatos de gran potencia como son: su exagerado tamaño, gran peso y costo elevado, nos dimos a la tarea de investigar los transformadores que se usan para los amplificadores de alta potencia en el mundo y vimos que los expertos en la materia son los Filipinos, indonesios, la india y otros lugares de Asia; Todos tenían en común el uso de los **Transformadores Toroidales**. Un ejemplo son los amplificadores **Kesler, Crest Audio, Crell, konzert, y Crown**, entre otras marcas. Al determinar esto, nos vimos obligados a buscar una manera sencilla, para hacerlos nosotros mismos.

Comprobamos que los transformadores cuadrados son adecuados, usándolos en potencias bajas, desde 1W, hasta 800W, pero si queremos ensamblar potencias superiores debemos; por economía, tamaño, estabilidad y peso, usar Transformadores Toroidales. Y por supuesto! Estos también puede usarlos para los amplificadores de las [video rockolas](#).



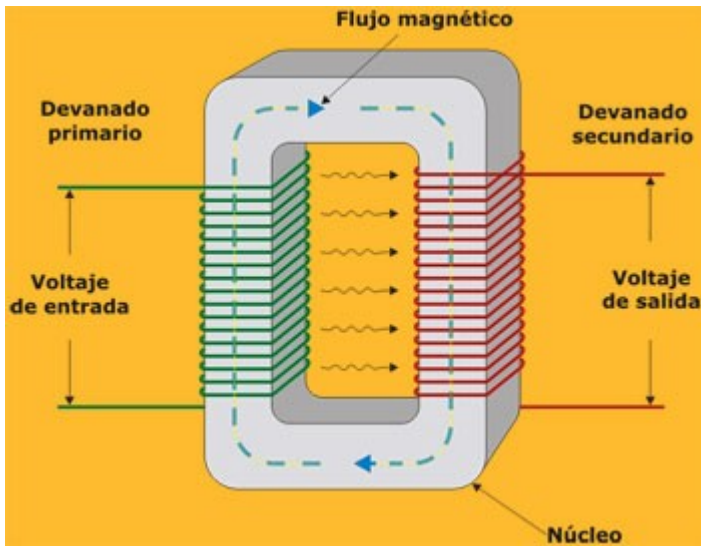
Nuevamente esperamos que si usted va a construir un Transformador Toroidal con este manual; debe leer el artículo completo y a conciencia, para que obtenga el resultado positivo que todos esperamos al emprender este tipo de tareas. Como siempre esperamos poder demostrar de manera práctica y sencilla, ahorrádoles errores, dinero y tiempo, que finalmente es lo más valioso de todo.

En el artículo anterior enseñamos cómo hacer transformadores cuadrados con chapas en forma de **(E)** y en forma de **(I)**. Recordemos que un transformador se compone de un devanado primario y un devanado secundario enrollados sobre un núcleo, aislados entre si, tanto el núcleo de los devanados, como los dos devanados entre sí. Un transformador puede ser diseñado para bajar el voltaje o para subirlo. También para aislar el voltaje de la red pública. En este caso vamos a explicar como hacer transformadores toroidales (en forma de rosquilla), únicamente con núcleo de hierro-silicio.

NOTA: Toda la información que a continuación brindaremos ha sido adquirida en su gran mayoría a partir de la experiencia diaria. La idea de nuestro sitio Web es incentivar a que más personas hagan y vivan de la electrónica, a pesar de sus pocos conocimientos. Por eso no usamos un lenguaje complicado ni nos basamos en fórmulas complejas, que puedan desmotivar a los principiantes o a las personas que practican en auto aprendizaje.

Recordemos que los bobinados de un transformador son de alambre magneto esmaltado con barniz dieléctrico, que sirve como aislante eléctrico. Se envuelven alrededor del núcleo ya sea a mano o con ayuda de una máquina. El número de vueltas de alambre determinan el voltaje, un giro completo alrededor del núcleo equivale a una vuelta.

El devanado primario es el que recibe el voltaje de la red pública, ya sean 120V o 220V AC, según sea el país. El devanado secundario es la salida del voltaje del transformador.



El devanado secundario es impulsado por un campo magnético producido por el devanado primario, inducido en el núcleo. Un transformador con una relación de 1:1 genera un voltaje casi igual al que entra en él. Digo casi, ya que debido a las pequeñas pérdidas no alcanza a entregar exactamente lo mismo. Por ejemplo; entran 12 voltios, a la salida tendremos unos 11 voltios aprox.

Si la relación es 1:2 (primario: secundario), la tensión que entrega el devanado secundario será el doble que la que entra en el primario. Por ejemplo; entran 12 voltios, a la salida tendremos unos 23 voltios aprox.

Una proporción de 1:3 dará lugar a una tensión secundaria 3 veces más alta que la tensión en el devanado primario. Por ejemplo; entran 12 voltios, a la

salida tendremos unos 34 voltios aprox.

Debemos tener en cuenta que todo lo dicho anteriormente sólo se aplica en un transformador sin carga. Cuando el transformador se pone a trabajar, es decir a alimentar algún circuito; por ejemplo un amplificador, se registra una caída de voltaje y por tanto una diferencia entre el voltaje de entrada y el de salida, que ya no coincide con la relación o cálculo que hicimos entre la cantidad de vueltas de alambre del devanado primario y la cantidad del secundario.

Esta pérdida de voltaje se debe principalmente a que el acoplamiento magnético del devanado primario y los devanados secundarios a través del núcleo, no logran una eficiencia del 100%, y también a factores como la calidad del alambre de cobre, que entre mas baja sea su calidad, mayor es su resistencia a la corriente.

La transferencia de potencia entre el devanado primario y el secundario se realiza **magnéticamente**, a través del núcleo y el aire.

Recuerde que los devanados primarios y secundarios **nunca** van conectados eléctricamente entre sí, a menos que sea un **Auto-transformador** y eso es otro tema.

Los **Transformadores Toroidales** son **solenoides** de alto rendimiento. Recordemos que se le llama **solenoides** a un dispositivo físico capaz de generar un campo magnético estable y fuerte en su interior y muy débil en su exterior.

Los inductores son aquellos que como su nombre lo indica, inducen corrientes de una bobina a otra u otras cercanas. Fueron inventadas en agosto de 1831 por el físico Inglés **Michael Faraday**, quien descubrió que un campo magnético variable puede inducir una tensión en un cable **cercano**, y a esto se le llamó la **Ley de Inducción de Faraday**. Los transformadores toroidales también tienen otra propiedad conocida como auto-inductancia, esto es un tipo de resistencia. El toroidal resiste o lucha contra los cambios que se generen en su propia corriente, ya sea para hacerla más grande o más pequeña. La fuerza de la auto-inductancia depende del número de bobinas del toroidal y de la corriente AC que reciba.

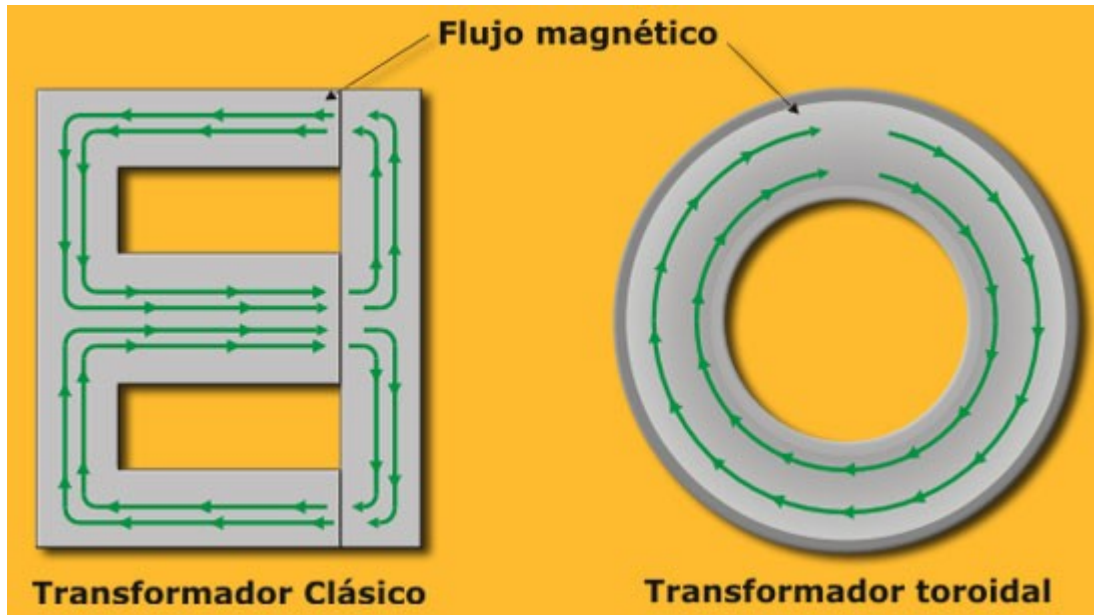
Características de un transformador toroidal

Un Transformador Toroidal tiene un campo magnético en su interior que forma una serie de círculos magnéticos concéntricos. Fuera de él, el campo es nulo. La fuerza de este campo magnético depende del número de espiras o de vueltas que el toroidal tenga. Es decir que el campo magnético disminuye a medida que crece el diámetro del núcleo del transformador.

Los Transformadores Toroidales superan en muchos campos de aplicación a los transformadores clásicos, a pesar de que se calculan y construyen con un procedimiento más o menos similar.

Lo que hace más eficientes a los Transformadores Toroides es el hecho de que el flujo magnético que atraviesa

al núcleo de Hierro-Silicio, siempre gira en la dirección de su circunferencia, es decir en el mismo sentido de su laminación. Esto se debe al hecho de que el núcleo es una banda o lámina muy larga enrollada en espiral.



En cambio en los núcleos de tipo E, I, el flujo del campo magnético tiene que dar la vuelta para seguir el perfil que forman la E y la I. Por esto en los transformadores clásicos la pérdida del flujo magnético es mayor, sobre todo en la unión de las chapas E con las I, lo que no ocurre en los toroidales.

Otra gran ventaja que presenta el transformador toroide, es su baja altura que permite ser instalado en sitios donde no cabría un transformador clásico.

Para lograr la misma inductancia que un transformador clásico, un toroidal requiere menos vueltas, y puede hacerse más pequeño en tamaño. Una vez construido, notará que se calienta menos que un transformador convencional. Esto permite usar alambre más delgado y un núcleo de menor tamaño.

Otra ventaja es, que como el campo magnético está contenido en su interior, los transformadores toroidales se pueden colocar cerca de otros componentes electrónicos, sin riesgo de que se filtren inductancias no deseadas, generando ruidos o mal funcionamiento del circuito adyacente.

Los toroidales se utilizan en las telecomunicaciones, dispositivos médicos, instrumentos musicales, amplificadores, balastos y más.

No obstante no todo es color de rosa. Existen algunas desventajas a la hora de bobinarlos.

Un transformado clásico se bobina directamente en el carrete de alambre, ya sea a mano o usando una máquina giratoria. En cambio, al hacer un toroidal, el alambre debe pasar a través de una dona, por tanto, se debe calcular primero el largo del alambre para que no nos falte; recordemos que **no** se deben hacer empates, sobre todo en el devanado primario.

Otra desventaja de los toroidales es lo complicado que puede ser encontrar núcleos vacíos. Por eso lo mejor es reciclar y de paso le hacemos un favor al planeta. Claro está que se consiguen rollos de cinta o platina para hacer toroidales. Por ejemplo en tecolradio.com venden los rollos de platina por kilos. Se consiguen desde 3 centímetros de ancho (medida de la altura del núcleo), hasta 9.5 centímetros. La gama es muy amplia y es sólo comprar los kilos necesarios de lámina y enrollarla al gusto o necesidad.

NOTA: Toda la teoría y procedimiento que explicaremos a continuación están basados en la práctica, ensayo y error. Así que todo ha sido comprobado antes de hacer este manual.

Diseñar transformadores y luego construirlos es una tarea muy interesante y necesaria si lo que se quiere es ahorrar un buen dinero.

El transformador que enseñaremos a construir a continuación tiene una potencia disponible de 1.225W aproximadamente. Se dice disponible porque al final no es usada toda esta potencia ya que el circuito no la consume, pero siempre que hacemos transformadores para amplificadores se diseñan un poco por encima de lo requerido por el equipo, esto para compensar aquello de las pérdidas.

En primer lugar hablemos del núcleo. Este se consigue de acuerdo a la potencia que requiera el aparato que vayamos a alimentar, recuerde usar un núcleo que esté sobre dimensionado para que quepa el alambre. Si el alambre a usar es grueso, se recomienda que el núcleo tenga un orificio grande.

En este caso usamos un núcleo con un área de 35 centímetros cuadrados. Esta se calcula de la siguiente manera:

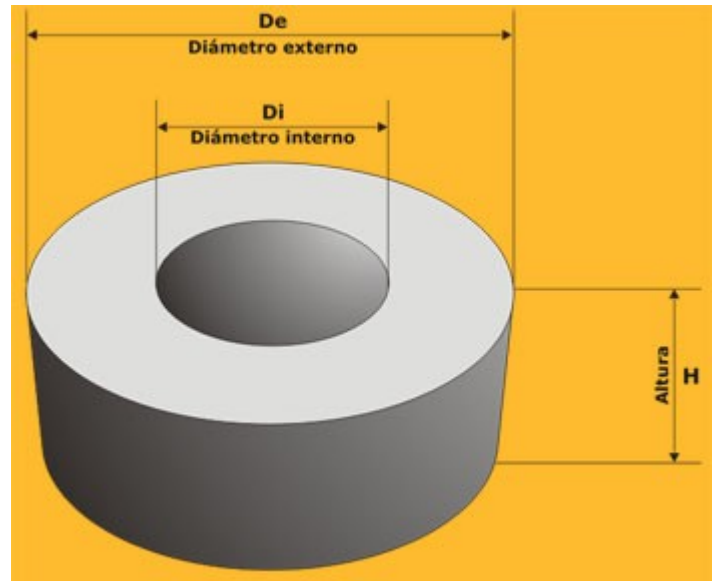
Cálculo del área de un núcleo toroidal

$$(De - Di) * h / 2$$

De = diámetro externo

Di = diámetro interno

H = altura



En este caso tenemos un núcleo de 18 cms de diámetro externo por 8 cms de diámetro interno y una altura de 7 cms. Entonces tenemos que:

$$18 - 8 = 10$$

$$10 * 7 = 70$$

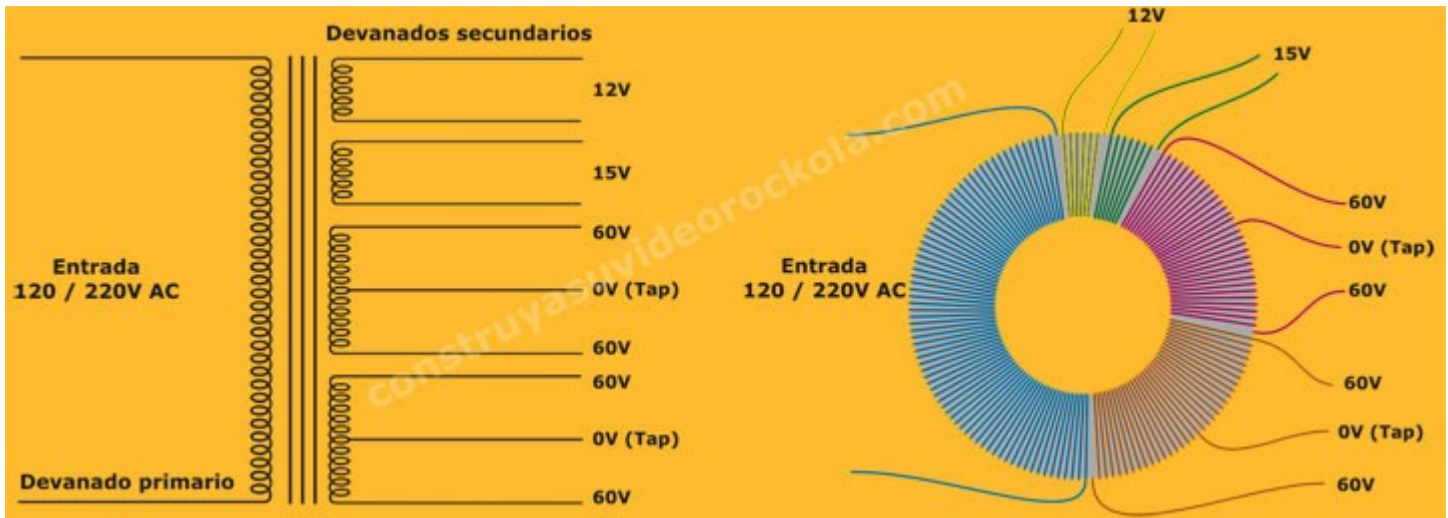
$$70 / 2 = 35 \text{ cm}^2$$

Un núcleo con un área de **35 cms²** está en capacidad de soportar hasta **1.225W**. Recordemos que la potencia de un núcleo se averigua con solo elevar al cuadrado el área del núcleo. **35 * 35 = 1.225**.

Ahora veamos cómo hallar un núcleo adecuado para nuestro amplificador.

En este caso vamos a hacer un amplificador de **1.200W** que alimentaremos con este transformador. Este tendrá dos devanados de **60+60V AC**, un devanado adicional de **12VAC** y otro adicional de **15VAC**.

Sacamos la raíz cuadrada de 1200W que es **34.6 cm²**. Por eso usamos un núcleo de 35 cm² que es el más cercano que conseguimos por encima de lo requerido. Así que siempre que necesitemos saber que tamaño de núcleo requerimos, solo debemos sacar la raíz cuadrada de la potencia que entrega el aparato, en este caso el amplificador.



Cálculo del calibre y cantidad del alambre para un transformador

Ahora debemos saber que calibre de alambre usaremos y la cantidad de alambre que se requiere. El calibre del alambre del devanado primario se calcula dividiendo la potencia del aparato que vamos a alimentar; en este caso un amplificador de 1200W, en el voltaje de la red pública.

$1200 \text{ Watts} / 120 \text{ Voltios} = 10 \text{ amperios.}$

Si en su país la red pública entrega un voltaje de 220V entonces será:

$1200 / 220 = 5.4 \text{ amperios.}$

Ahora debemos consultar una **Tabla AWG** que tiene las equivalencias de los calibres y amperios. En nuestro caso 10 amperios equivalen a un calibre 13. Pero como es un transformador toroidal, recordemos que tienen una mejor eficiencia y podemos usar un calibre por debajo sin temor a que se recaliente. Así que usaremos calibre 14 para el devanado primario.

Si en su país la red pública entrega un voltaje de 220, entonces el calibre del alambre del devanado primario será de 16 o 17.

El devanado secundario se calcula según el tipo y la cantidad de transistores que lleve el amplificador. Por ejemplo si usamos los transistores de potencia 2SC5200, estos consumen 1.3 amperios. En este caso haremos dos devanados secundarios; uno para cada canal mono del amplificador, con 12 transistores.

$12T * 1.3 \text{ Amp} = 15.6 \text{ amperios.}$

El calibre de alambre que soporta por encima de 15.6 amperios es el calibre 11, que soporta 16.6 amperios. Pero teniendo en cuenta lo que dijimos anteriormente de usar un calibre por debajo, usaremos un alambre calibre 12, según la **Tabla AWG**, que soporta 13.5 amperios.

NOTA: cuando hacemos un transformador clásico; cuadrado con chapas I y E, se debe usar el alambre exacto que soporte los amperios necesarios, según la **Tabla AWG**.

Cálculo del alambre en metros, para devanado primario y secundario

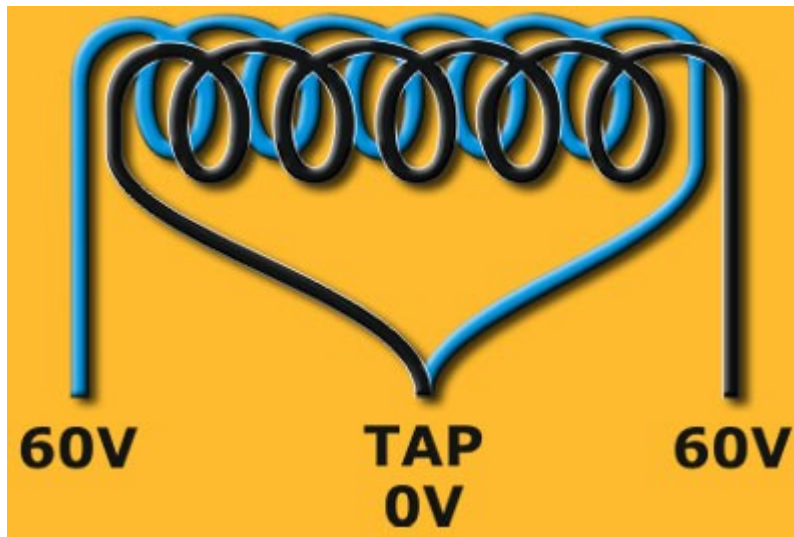
Como ya tenemos el calibre adecuado de los alambres, debemos calcular ahora la cantidad de alambre que se va a usar en cada devanado. Para eso primero debemos saber cuantas vueltas de alambre se van en cada uno. Para calcular las vueltas de alambre del devanado primario y el secundario se usa la misma fórmula aplicada en el cálculo de los transformadores cuadrados, que es la **constante 42**. No olvide que esta fórmula sólo aplica para núcleos de hierro-silicio.

$42 / \text{área del núcleo} = \text{número de vueltas por voltio}$.

Tenemos que:

$42 / 35 = 1.2$ vueltas por voltio.

120 voltios de la red pública multiplicado por $1.2 = 144$ vueltas de alambre para el devanado primario.



Si en su país la red pública entrega un voltaje de 220V, entonces $220V * 1.2 = 264$ vueltas de alambre para el devanado primario.

Para el devanado secundario se multiplica el voltaje medio ($1/2VAC$), es decir, la mitad del voltaje total, por el número de vueltas por voltio.

En este caso vamos a hacer dos devanados de **60+60VAC**

Entonces tenemos que:

$60V * 1.2 = 72$ vueltas de doble alambre para cada devanado secundario. Recuerde que se deben enrollar los dos alambres iguales al mismo tiempo, esto con el fin de que al final uniremos

un extremo inicial de un devanado, con un extremo final del otro devanado y así formar el TAP central o punto cero del transformador.

Antes de enrollar el alambre en un toroidal se debe cortar a la medida. Para esto debemos calcular cuanto alambre se irá en el devanado.

Lo primero es medir cuantos centímetros se van en una vuelta de alambre alrededor del núcleo. En nuestro caso son 25 centímetros.

Multiplicamos los 25 centímetros por el número de vueltas del devanado primario que son 144 vueltas.

$25 * 144 = 3600$ centímetros. Ahora se divide en 100 para convertir a metros.

$3600 / 100 = 36$ metros de alambre para el devanado primario.



Se hace lo mismo para el devanado secundario, teniendo en cuenta que una vuelta gastará más alambre porque el devanado primario hizo más grueso el núcleo. Así que le agregamos 2 centímetros.

27 centímetros multiplicados por el número de vueltas del devanado secundario que son 72 vueltas:

$27 * 72 = 1944$ centímetros. Ahora se divide entre 100 para convertir a metros.

$1944 / 100 = 19.4$ metros de doble alambre para cada devanado secundario.

Personalmente aconsejo dejar uno o dos metros más por precaución.

Cálculo del alambre en gramos para devanado primario y secundario

Ahora bien: en muchos sitios venden el alambre por peso. Es decir en gramos, libras y kilos. Para esto se debe calcular el peso del alambre que necesitamos.



Lo que se hace en estos casos, es cortar un metro exacto de alambre del calibre que necesitamos, luego se pesa en una báscula de precisión y el resultado lo multiplicamos por la cantidad de metros que necesitamos.

Ejemplo:



Un metro de alambre calibre 14 pesa 18.6 gramos. Como necesitamos 36 metros:

$18.6\text{gr} * 36\text{mts} = 669.6$ gramos de alambre para el devanado primario de nuestro transformador, esta cifra la redondeamos a 670 gramos.

El devanado secundario es de alambre 14 y un metro pesa 26 gramos, Esto se multiplica por el número de vueltas:

$26 * 19.4 = 504$ gramos, como el alambre se enrolla doble, entonces multiplicamos 504 por 2 y obtenemos 1.008



gramos. Recomendamos siempre comprar un poco más de alambre, ya que la calidad del núcleo a veces exige dar unas cuantas vueltas de más para lograr el voltaje deseado.

NOTA: El peso del alambre puede variar un poco, dependiendo de la calidad de éste. Cuando el alambre es de mala calidad viene mezclado con aluminio que lo hace más liviano. Por eso siempre es mejor pesar un metro de alambre antes de hacer la compra.

Tabla AWG con las equivalencias del alambre magneto

A continuación tenemos una tabla con los alambres más usados en los transformadores de potencia que muestra la equivalencia en milímetros, gramos por metro, metros por kilo y máximo de amperios que soporta cada alambre. Tenga en cuenta que esto puede variar según la calidad del alambre y su manufactura. Por ejemplo podemos ver cómo el alambre calibre 12 es 3 gramos más pesado que el que usamos en nuestro ejemplo. Esto es debido a que el alambre que usamos no era de la misma calidad que el usado en la tabla. Algunos fabricantes mezclan el cobre con aluminio, bajando el peso y la calidad del alambre.

Calibre AWG	Diámetro en Milímetros	Gramos por metro	Metros por Kilo	Amperios Máximos
6	4,115	119.04	8.4	53.16
8	3,264	74.68	13.39	33.3
9	2,906	59.20	16.89	26.5
10	2,588	46.99	21.28	21.2
11	2,305	37.25	26.84	16.6
12	2,053	29.58	33.8	13.5
13	1,828	23.49	42.56	10.5
14	1,628	18.63	53.65	8.3
15	1,450	14.79	67.6	6.6
16	1,291	11.7	85.4	5.2
17	1,150	9.31	107.35	4.1
18	1,024	7.38	135.4	3.2
19	0,911	5.86	170.4	2.6
20	0,811	4.65	214.7	2.0
21	0,723	3.7	270	1.6
22	0,643	2.92	341.3	1.2
23	0,573	2.32	429.4	1.0
24	0,510	1.85	540	0.8
25	0,454	1.46	680.3	0.6
26	0,404	1.16	862	0.5
27	0,360	0.934	1070	0.4

28	0,321	0.730	1368	0.3
29	0,285	0.587	1701	0.26
30	0,254	0.461	2165	0.20
31	0,226	0.365	2736	0.16
32	0,201	0.293	3402	0.12
33	0,179	0.230	4330	0.10
34	0,160	0.182	5472	0.08

Esta tabla le puede ser de gran ayuda si no tiene una báscula de precisión para pesar el alambre. Sin embargo recomendamos siempre conseguir más alambre del necesario, teniendo en cuenta lo antes dicho sobre la calidad del alambre

El alambre usado para la tabla es alambre hecho en Colombia en la fabrica [Provelectricos LTDA](#). Es alambre magneto de doble capa de aislamiento de muy buena calidad. Allí también conseguimos el papel prespan.

TRANSFORMADOR TOROIDAL CASERO (Parte 2)

[<<< 1 2 3 >>>](#)

Preparación del núcleo



Ahora debemos preparar el **Núcleo**. Un núcleo está hecho de una platina de lámina de hierro-silicio muy larga enrollada en sí misma. No es macizo, los de ferrita si lo son; en este artículo **No** nos ocuparemos de ellos. Los núcleos que usamos en este caso son los tradicionales que funcionan en frecuencias bajas, de entre 50Hz y 60Hz.

Conseguir núcleos nuevos en mi país, es prácticamente imposible. Por esta razón nos vimos obligados a buscar en los sitios de reciclaje, botaderos tecnológicos, basureros y compraventas de metales y otros desperdicios sólidos

reciclables. Por su origen, llegan a nuestras manos maltratados, sucios y en el peor de los casos, con la platina suelta.

Se debe lavar y limpiar muy bien, la platina deberá ser muy bien ajustada en sí misma, para que no presente vibraciones, para evitar que la platina se friccionen entre sí y se generen vibraciones que al final se convierten en calor.

El Núcleo ya ajustado se debe sellar por arriba y por abajo, para ellos usamos resina de poliéster, de la misma usada en la fibra de vidrio. La referencia que usamos es resina pre-acelerada o promovida 856.

La resina de poliéster es una fibra sintética derivada del petróleo y el carbón, como componentes principales. Fue Desarrollada a principios del siglo XX.

La resina de poliéster es muy utilizada en la industria de hoy. Un ejemplo evidente es la industria automotriz. La resina de poliéster se presenta como un líquido viscoso que para poderlo endurecer es necesario adicionar un Acelerante llamado **Cobalto** (líquido de color violeta oscuro) y un Catalizador llamado **MEC** (líquido transparente). El acelerante regula el tiempo de endurecimiento, mientras que el catalizador se encarga de desencadenar la reacción química.

Cuando adquirimos una resina pre-acelerada quiere decir que ya trae incluido el cobalto o acelerante y solo debemos agregar el MEC, al momento de ser utilizada.



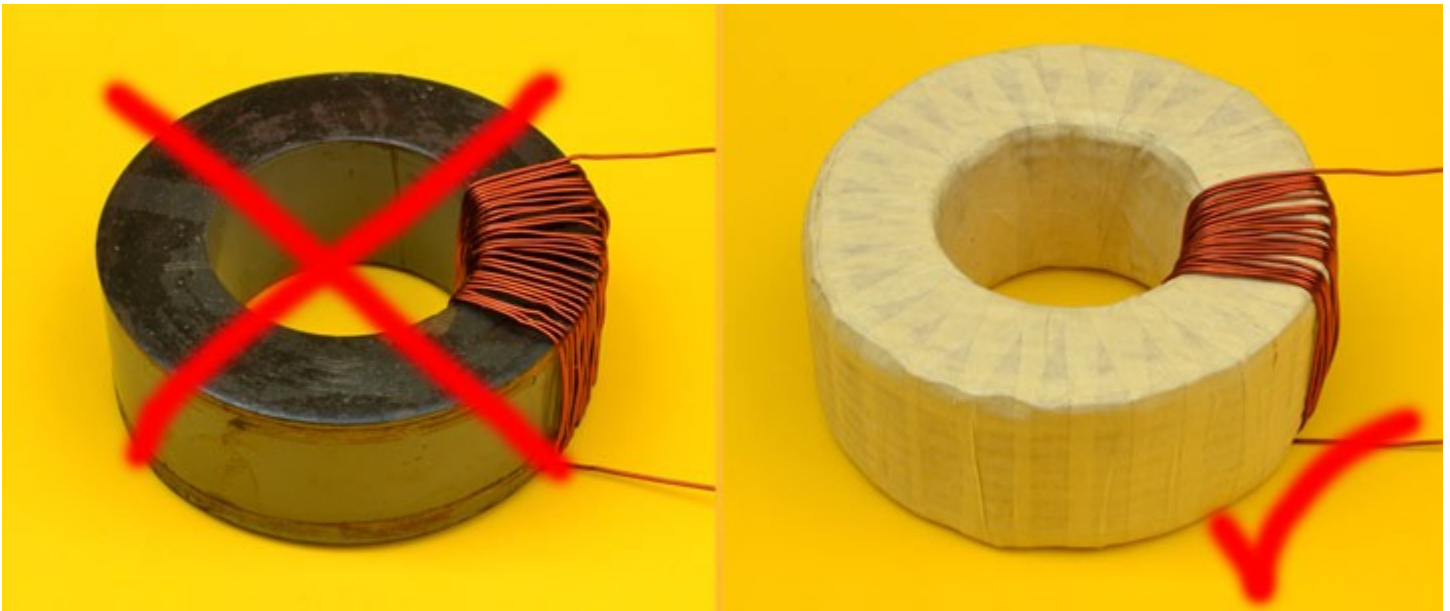
El MEC se debe aplicar con moderación. Por lo regular son unas pocas gotas de MEC para una porción de 4 cucharadas de resina. Entre más MEC se agregue a la mezcla, más rápido se endurece la resina y se corre el riesgo de que se cristalice, perdiendo su elasticidad. Así que es mejor, agregar poco MEC para que de esta forma se mantenga maleable más tiempo para aplicar debidamente la resina.

Esta resina se aplica abundantemente sobre la espiral del núcleo, uniendo las espiras de la platina. Cuando la resina ha secado totalmente, se voltea el núcleo y se le aplica la resina por el otro lado.

Formaleta del Núcleo

Ahora procedemos a hacer la formaleta para el núcleo. ¿Cómo es esto de la formaleta? Si recordamos los transformadores clásicos tienen una carreta cuadrada en la que se enrolla el alambre. Esta no solo sirve para sostener el alambre, si no, para dar una distancia entre el núcleo y el devanado primario.

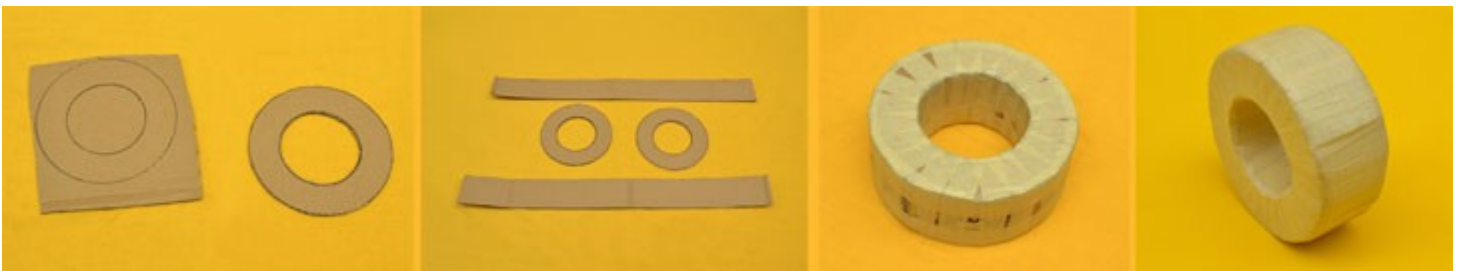
En los toroides este principio es el mismo, consiste en un recubrimiento para el núcleo hecho en cartón grueso de al menos 2 milímetros. Este es 100% **Indispensable siempre**.



Cuando no cubrimos el núcleo con cartón grueso, la **Serie** no apaga y el devanado primario queda siempre en corto.

Recordemos que el **Circuito Serie** es un sistema eléctrico que se arma con un bombillo incandescente o alógeno, dos caimanes y un enchufe o toma corriente, que permite verificar si un circuito está o no en corto o consumiendo más energía de la debida.

La formaleta la hacemos con cartón grueso sacado de una caja de embalaje común. Entre más grueso sea el cartón, la serie apagará con menor cantidad de vueltas y el transformador quedará de mejor rendimiento, menor consumo y más económico costo.



Se calca dos veces la circunferencia interna y externa del núcleo sobre el cartón y se recortan ambos círculos. Se recortan un par de tiras que midan la altura del toroide para el recubrimiento en el contorno de afuera y de adentro y que tengan el largo suficiente para dar la vuelta, una por fuera y la otra por dentro del núcleo toroidal.

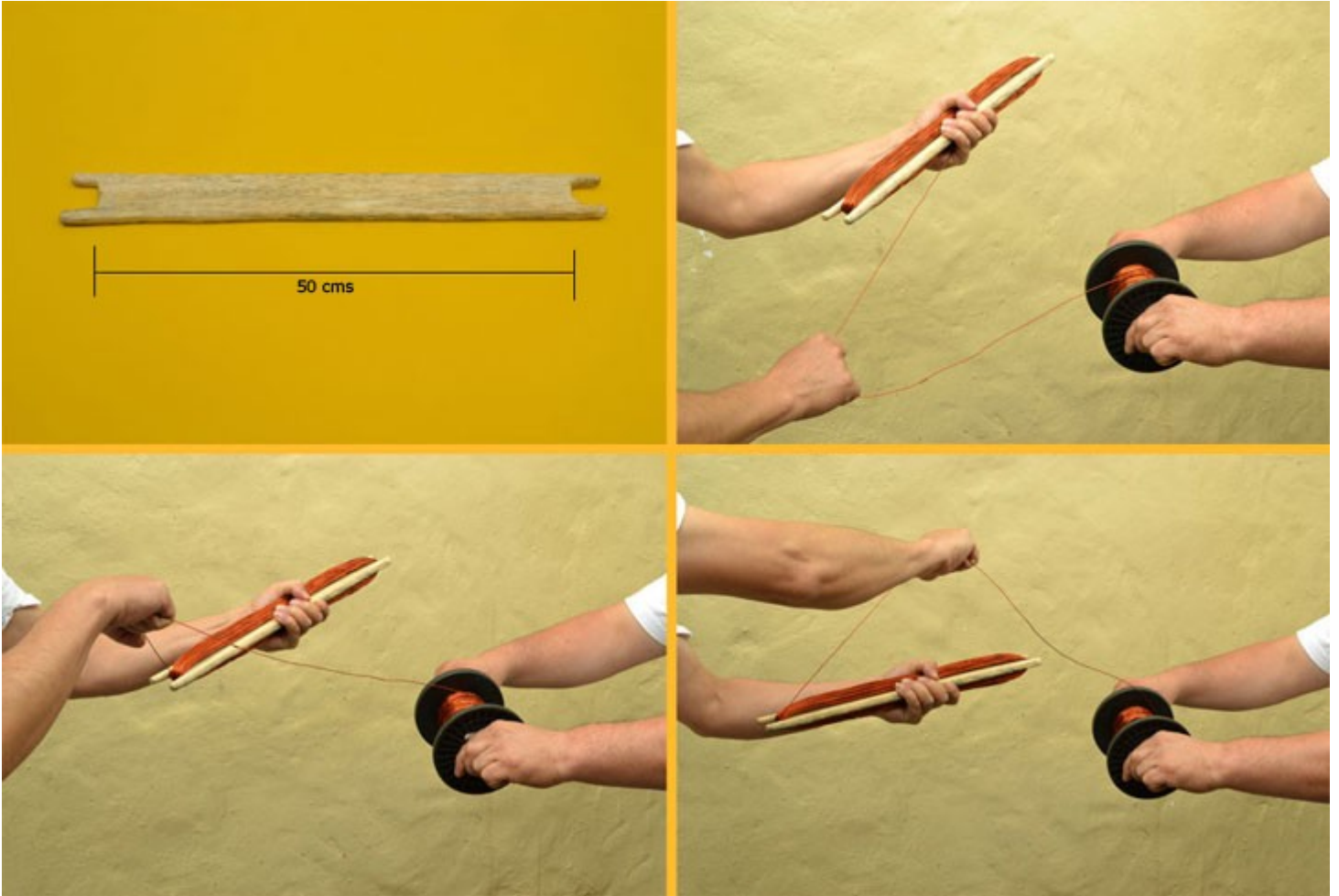
Se deben pegar con bastante cinta de enmascarar, de tal forma que no quede ningún espacio por donde se pueda tocar el alambre a enrollar, con el núcleo de hierro-silicio.

Bobinado del devanado primario

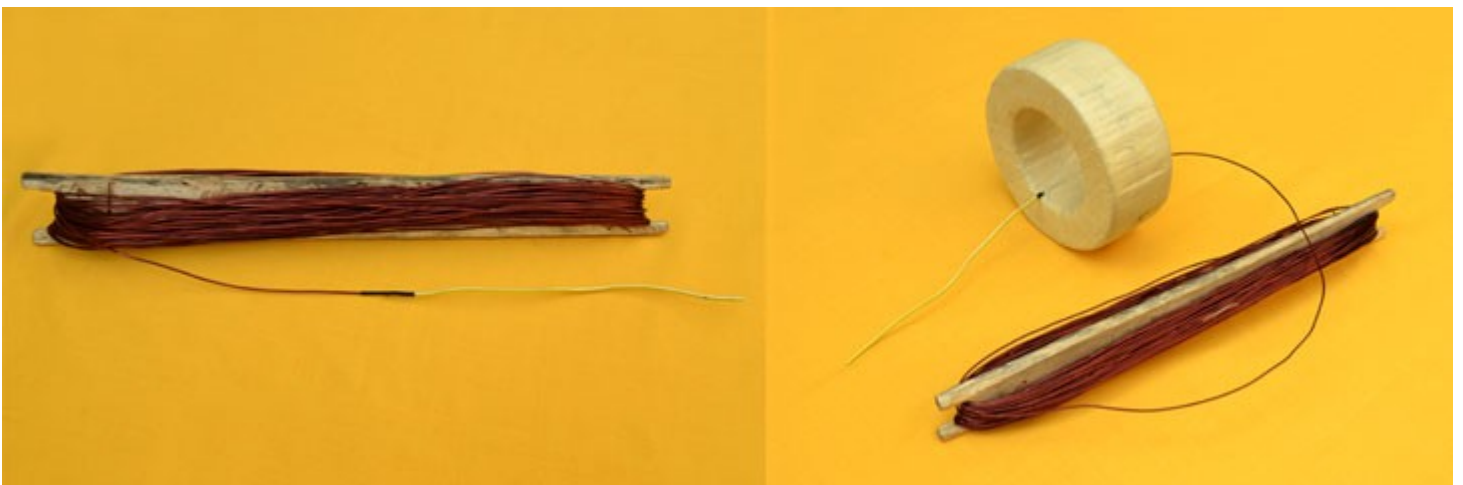
Ya tenemos el núcleo listo con su recubrimiento. procedemos a enrollar el devanado primario.

Comenzamos por hacer un lanzador o también conocido como lanzadera entre los tejedores. Es una tabla de madera que tiene en sus extremos un corte hacia adentro en U, que permite enrollar el alambre de manera longitudinal. El largo debe ser de 50 centímetros sin los topes de los extremos. Esto para que al dar una vuelta

completa con el alambre, equivalga a un metro exactamente. Así podrá usted contar los metros de alambre fácilmente.



Teniendo nuestra lanzadera, procedemos a soldar un cable en el extremo del alambre que vamos a enrollar, este será uno de los cables de entrada de corriente AC de la red pública.



Luego colocamos la unión del alambre con el cable en el centro del núcleo, lo pegamos con cinta de enmascarar y comenzamos a enrollar el alambre pasando por el centro del núcleo nuestra lanzadera, Esto se debe hacer de manera ordenada y tratando de no montar una vuelta sobre la otra. Las vueltas se deben distribuir

proporcionalmente en el recorrido por todo el núcleo, es decir que se deben repartir y no sobreponerlas en un lado. Además debe quedar muy apretado para que posteriormente no vaya a vibrar el alambre.



TRANSFORMADOR TOROIDAL CASERO (parte 3)

[<<< 1 2 3](#)

Cuando llevemos un 30% de las vueltas necesarias, hacemos una prueba conectando el circuito Serie en los extremos del alambre. Esto para mostrar que aún no está listo el devanado primario y que sí son indispensables las vueltas faltantes.



Al colocar la serie vemos como el bombillo enciende plenamente. Esto muestra que aún no se ha formado el campo magnético y que este circuito todavía está en corto y no se ha convertido en un verdadero solenoide. Cuando ya hemos terminado de enrollar las vueltas calculadas para el Devanado Primario, volvemos a conectar el [Circuito Serie](#) y vemos como Si apaga la serie. A veces apaga antes de completar las vueltas calculadas. Esta es una ventaja pues el transformador quedará consumiendo menor cantidad de energía. Cuando no apaga el Circuito Serie, indica que faltaron vueltas de alambre y que los cálculos estuvieron mal hechos o que el núcleo es de mala calidad (pocos gauss).

Si al completar las vueltas de alambre no apaga la serie y los cálculos están bien hechos, puede ser que haya hecho mal los cálculos o el núcleo no es de hierro-silicio. Cuando el núcleo es de mala calidad o no es del material mencionado, debemos seguir enrollando alambre hasta el punto en que El [Circuito Serie](#), apague totalmente. En este caso tendremos que volver a **Reformular** o Recalcular las vueltas que deberán conformar el devanado secundario. El procedimiento es el siguiente:

Vueltas dadas en el devanado primario, dividido en el voltaje de la red pública, igual al número de vueltas por voltio.

Ejemplo:

144 vueltas / **120** voltios = **1.2** vueltas por voltio.

Ahora multiplicamos **1.2** por el voltaje medio que es 60V y tendremos 72 que es el número de vueltas de alambre doble que tendrá el devanado secundario.

Al terminar satisfactoriamente el devanado primario, debemos soldar cables en ambas puntas de los extremos del alambre y recubrirlas con espagueti termoencogible.



Bobinado del devanado secundario

Cuando ya tenemos nuestro devanado primario perfectamente hecho y comprobado y vamos a enrollar el devanado secundario, debemos **Aislarlo** muy bien, esto lo hacemos con un recubrimiento de **Papel Prespán** y con cinta de enmascarar. Si no consigue el papel **Prespán**, puede hacer el recubrimiento con cartón y cinta, similar al que hicimos sobre el núcleo.

NOTA: Los transformadores construidos a nivel industrial; al momento de tener enrollado el devanado primario, son sumergidos en barniz dieléctrico. Esto se hace para que el alambre quede totalmente rígido y no vibre por ningún motivo. Si desea puede hacerlo, los que hemos construido hasta ahora, no se les ha aplicado el barniz y han trabajado perfectamente.

Luego se debe colocar el **Polo a Tierra**. Esto es opcional. Consiste en colocar alrededor del devanado primario, una platina de lámina delgada de cobre. A la cinta de cobre se le suelda un trozo de cable y luego se cubre con cartón o papel **Prespán**.



Esta lámina rodeará el transformador y se fija con cinta. Este apantallamiento de cobre sirve para evitar posibles escapes de magnetismo que puedan interferir con los circuitos, especialmente si hay preamplificadores o circuitos de pequeñas señales.

Ahora procedemos a enrollar el devanado secundario. Por lo regular un devanado secundario se hace dual o simétrico. Quiere decir que tiene un TAP Central o punto centro; que divide el voltaje de salida en dos voltajes, a la mitad del voltaje total.



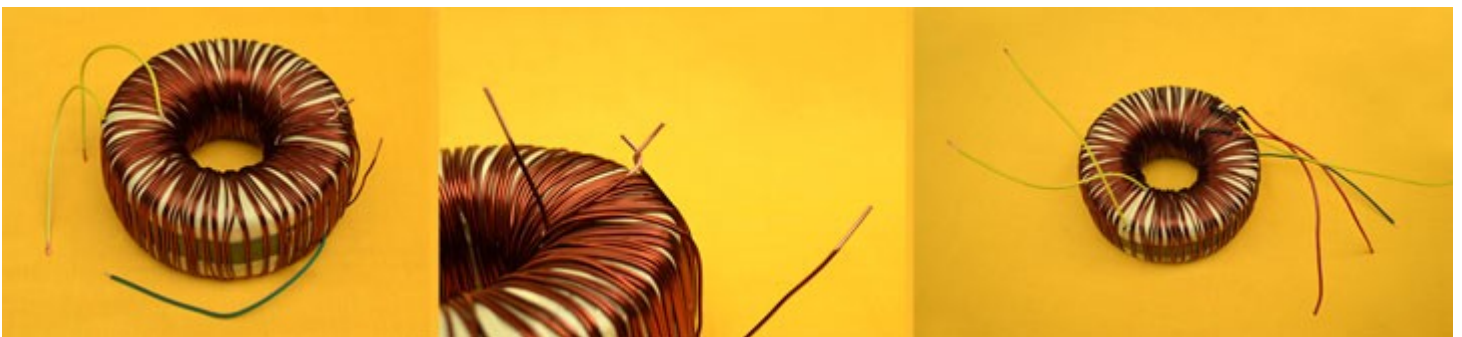
Para esto debemos enrollar el alambre doble. Así, que primero se enrollan los metros calculados en el lanzador, siendo dos alambres iguales y luego se enrolla en el toroide de manera ordenada y muy ajustada.

TAP Central del transformador

Al terminar el devanado secundario, se debe medir y verificar que el voltaje de salida sea el requerido. Si está correcto, procedemos a cortar el alambre sobrante.

A continuación se une la punta del comienzo de uno de los alambres, con la punta final del otro alambre; para así, formar el TAP central. Tenga cuidado de no unir los extremos del mismo alambre. Para esto verifique con el multímetro en escala de continuidad.

El multímetro marca continuidad al medir las puntas del mismo cable. Así que las dos puntas que no marcan continuidad, son las correctas a unir.



La siguiente comprobación se hace con el multímetro en escala de voltaje AC. Al medir entre el **TAP** y cada uno de los extremos del alambre, el voltaje debe dar totalmente simétrico, es decir que debe dar un voltaje idéntico. Siempre use el [Circuito Serie](#) hasta tener completamente terminado el transformador.

Es imperativo hacer la comprobación anterior para definir el **TAP** Central. Habiendo hecho esto procedemos a soldar la unión o TAP central al que le soldaremos un cable lo suficientemente largo, como para que llegue hasta la Fuente del amplificador. Recuerde aislar la unión con espagueti termoencogible. Haga exactamente lo

mismo con los dos extremos restantes. Aislamos el devanado secundario, cubriéndolo con cinta, usamos una transparente pero usted puede usar la que desee.



Devanado adicional de 12VAC

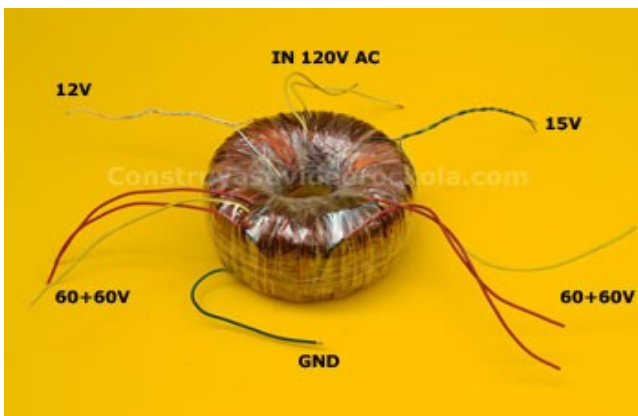
En este caso cubrimos nuestro toroidal con cinta transparente, alistándolo para agregarle un devanado adicional de 12 voltios y 1 amperio para alimentar los ventiladores (cooler).

Para calcular el calibre del alambre y número de vueltas; se usa la misma fórmula así:

$$42 / 35 \text{ cms}^2 = 1.2 \text{ vueltas por voltio}$$

$$1.2 * 12 \text{ voltios} = 14.4 \text{ vueltas de alambre que aproximamos a 15 vueltas.}$$

El calibre del alambre se determina sabiendo el consumo de los ventiladores. En este caso vamos a usar 2 ventiladores de 0.4 amperios, que sumados consumen 0.8 amperios, por aquello de las pérdidas usaremos un alambre que soporte 1 amperio, al consultar la tabla AWG, vemos que es el alambre calibre 23. Enrollamos el cable como se ha hecho anteriormente y rematamos soldando cable encauchetado en cada uno de los extremos del alambre. Recubrimos con termoencogible y cubrimos con cinta.



Un transformador puede tener más de un devanado secundario y otros devanados adicionales. Nuestro transformador tiene dos devanados secundarios de 60+60 voltios AC. También le agregamos un devanado adicional, de 12 voltios 1 amperio, que servirá para los ventiladores y otro devanado adicional, de 15 voltios que usaremos para regular y alimentar los [protectores de parlantes](#).

Todos los devanados secundarios y adicionales se hicieron de la misma manera en que se propone desde el inicio de este manual. Recuerde enrollar todos los devanados en el mismo sentido.

Como se aprecia en la fotografía tenemos un transformador toroidal que nos proporciona múltiples voltajes, obtenidos de manera económica y que en otros casos pueden variar.

Los toroidales son transformadores expansibles, pues siempre se puede enrollarle un nuevo devanado en el voltaje deseado, y esto se puede seguir haciendo muchas veces hasta que el orificio central se sature.

Al final dimos un acabado con cinta transparente, manteniendo así el alambre a la vista.

Mediciones

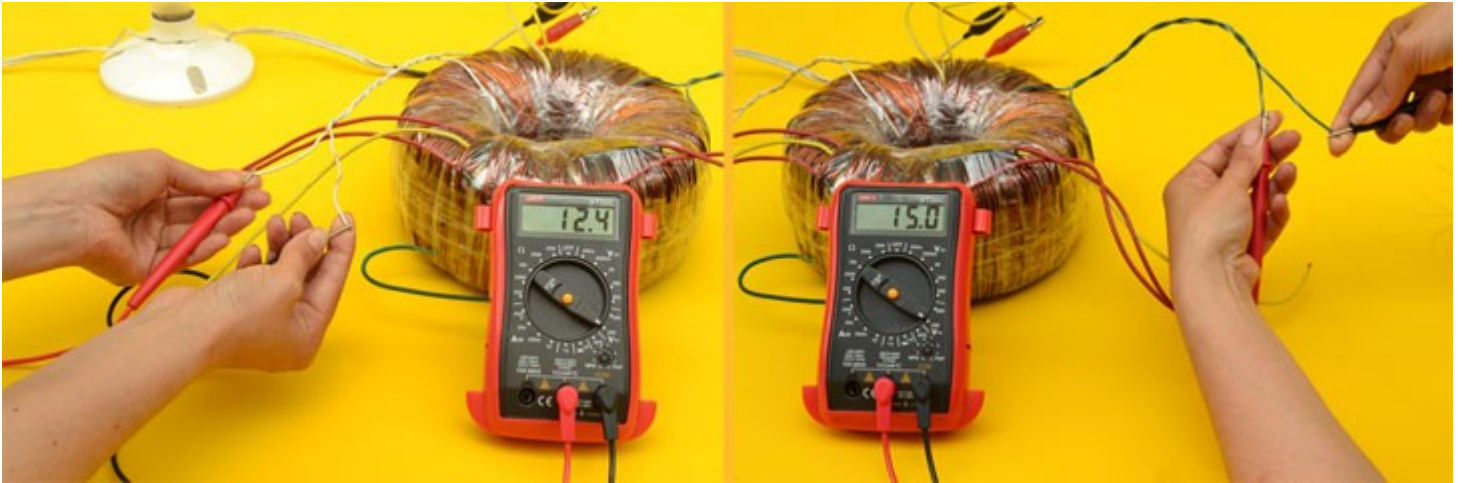
Ahora vamos a hacer las mediciones finales; Colocamos el multímetro en la escala de voltaje alterno (AC). Medimos cada devanado secundario de la siguiente manera; Se coloca una punta en el TAP central y otra en uno de los extremos. Obtuvimos 61.6 voltios. Al cambiar la punta de un extremo al otro, conservando una punta en el TAP central, obtenemos 61.3V.



Nuestro cálculo inicial nos pedía 60+60 voltios, es decir a medición nos dio 1.6 y 1.3 voltios por encima. Tenga en cuenta que esto puede cambiar, pues depende de las variaciones del voltaje de la red pública. De todos modos 1 voltio no hace la diferencia.



En este segundo devanado secundario obtuvimos 61.8 en ambos extremos. Lo que nos dice que está perfectamente simétrico.



En los devanados adicionales se obtuvieron 12.4V y 15V, corroborando la práctica que enseña este método.

Video que muestra la manera práctica de hacer un transformador toroidal

To watch the video in English, [click here](#)

Los subtítulos en **español** y en **inglés** se encuentran en el video. Sólo deberá dar play y activar el botón de **closed caption** que se encuentra en la parte inferior derecha del video.

the subtitles in **Spanish** and **English** are in the video. You only need to play and activate the **closed caption button**, located in the lower right corner of the video.

Enrollamiento de un transformador toroidal de manera industrial

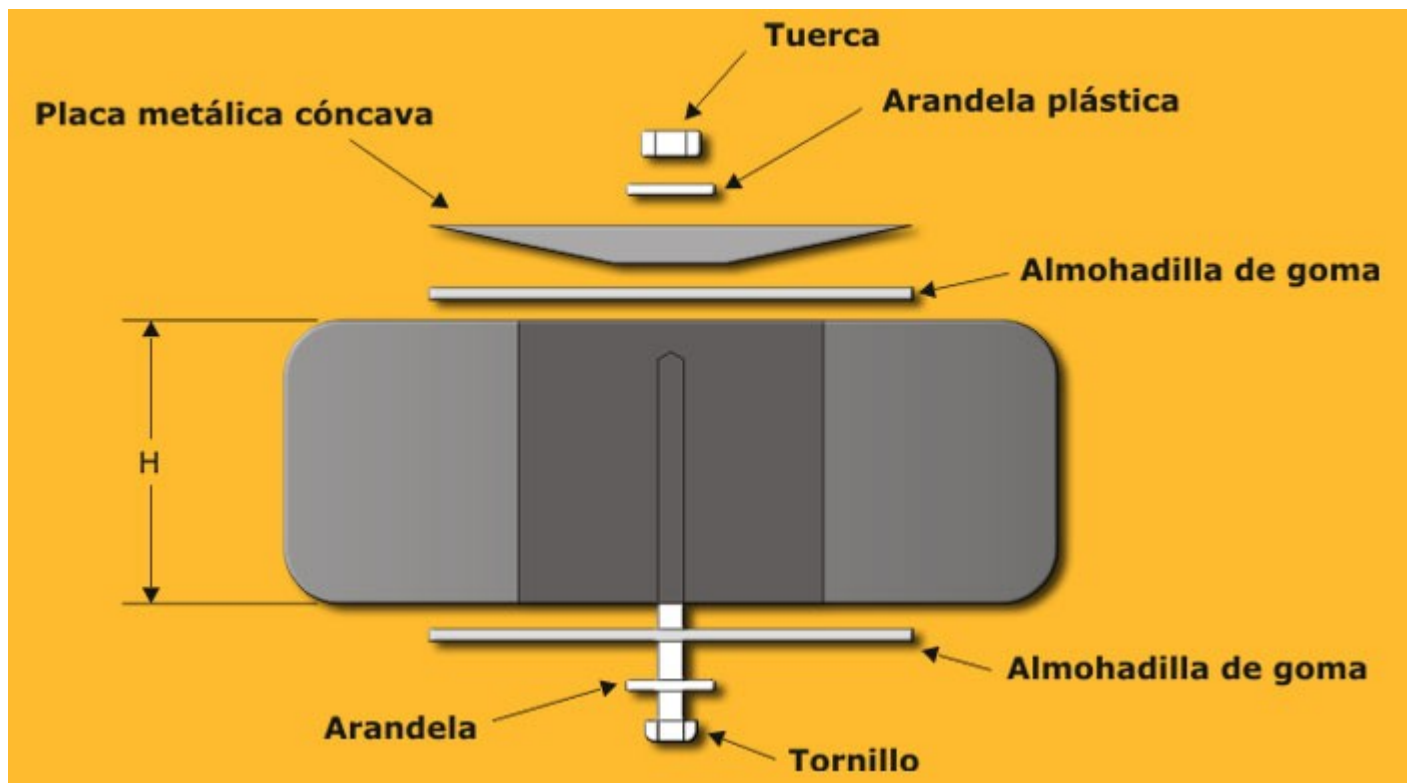
La manera de enrollar transformadores toroidales que expusimos anteriormente, por ser a mano es algo lenta. Así que si deseamos hacer transformadores en grandes cantidades, es necesario conseguir una máquina bobinadora de toroidales. Nuestro Amigo Yiro Chang, muy gentilmente nos ha proporcionado un enlace de un video que muestra la forma como se enhebra en la máquina y se enrolla el alambre.

Básicamente lo que se hace es enrollar el alambre en un aro que parece un rin de bicicleta para luego devolver las vueltas de alambre en el núcleo toroidal. Estas máquinas son programables. Se debe digitar en una pantalla el número de vueltas y el área del núcleo para que la máquina distribuya las vueltas en todo el núcleo.

Colocación de un toroidal

La forma correcta de colocar un transformador toroidal es con un tornillo que pasa por su centro y que aprieta una placa metálica que se encarga de fijar el transformador. La caja o gabinete tiene un orificio por el que entre el tornillo.

Luego viene una arandela y una almohadilla plástica en la que reposa el transformador. Arriba de este se coloca otra almohadilla y luego una placa metálica cóncava que es ajustada con una tuerca.



Creemos firmemente que el hecho de investigar, analizar, probar, errar, hasta encontrar la manera más sencilla, económica y confiable de hacer transformadores toroidales, va a permitir ensamblar y emprender la creación de aparatos de gran potencia, sin que necesariamente usted deba ser un experto en la materia.
Éxitos!