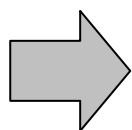
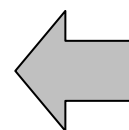


**OCUPACIÓN:
ELECTRICISTA INDUSTRIAL**



MANUAL DE APRENDIZAJE



**MÓDULO FORMATIVO:
REBOBINADO DE
TRANSFORMADORES**

Técnico de Nivel Operativo

AUTORIZACIÓN Y DIFUSIÓN

MATERIAL DIDÁCTICO ESCRITO

FAMILIA OCUPACIONAL

ELECTROTECNIA

OCUPACIÓN

ELECTRICISTA INDUSTRIAL

NIVEL

TÉCNICO OPERATIVO

Con la finalidad de facilitar el aprendizaje en el desarrollo de la formación y capacitación en la ocupación de ELECTRICISTA INDUSTRIAL a nivel nacional y dejando la posibilidad de un mejoramiento y actualización permanente, se autoriza la APLICACIÓN Y DIFUSIÓN de material didáctico escrito referido a **REBOBINADO DE TRANSFORMADORES**.

Los Directores Zonales y Jefes de Unidades Operativas son los responsables de su difusión y aplicación oportuna.

**DOCUMENTO APROBADO POR EL
GERENTE TÉCNICO DEL SENATI**

N° de Página.....44.....

Firma

Nombre: Jorge Saavedra Gamón

Fecha:04.09.14.....

Registro de derecho de autor:

REBOBINADO DE TRANSFORMADORES

INDICE

Presentación	4
TAREA 1:	5
y EXTRACCIÓN DE DEVANADOS DEL TRANSFORMADOR	
TAREA 2:	13
y COLOCACIÓN DE DEVANADO DE TRANSFORMADOR	
TAREA 3:	25
y ARMADO DE TRANSFORMADOR	
TAREA 4:	34
y PRUEBA DE TRANSFORMADOR	
LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	40
BIBLIOGRAFÍA	41

PRESENTACION

El presente Manual de Aprendizaje correspondiente al Módulo Formativo 04.06.03.02 "REBOBINADO DE TRANSFORMADORES", tiene como objetivo reparar y dar mantenimiento a transformadores eléctricos respetando las especificaciones técnicas normalizadas de rebobinado.

Esta estructurado por las siguientes tareas:

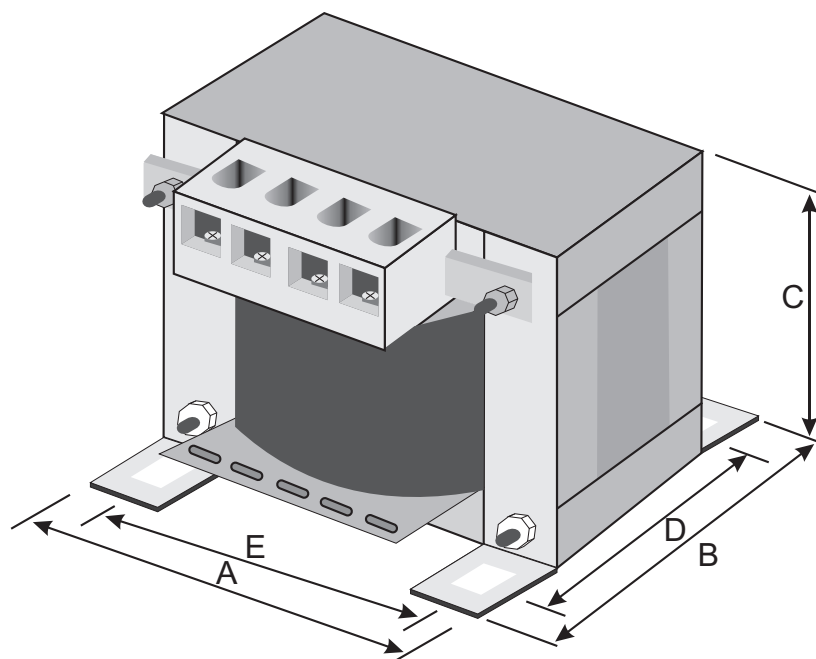
- y **EXTRACCIÓN DE DEVANADOS DEL TRANSFORMADOR**
- y **COLOCACIÓN DE DEVANADO DE TRANSFORMADOR**
- y **ARMADO DE TRANSFORMADOR**
- y **PRUEBA DE TRANSFORMADOR**

Asimismo incluye tecnología específica y aplicada, aspectos de seguridad, hojas de tarea, protección de medio ambiente y bibliografía.

Elaborado en la Zonal	:	Lambayeque Cajamarca Norte
Año	:	2004
Instructor	:	Romelio Torres Mayanga

TAREA 1

EXTRACCIÓN DE DEVANADOS DEL TRANSFORMADOR



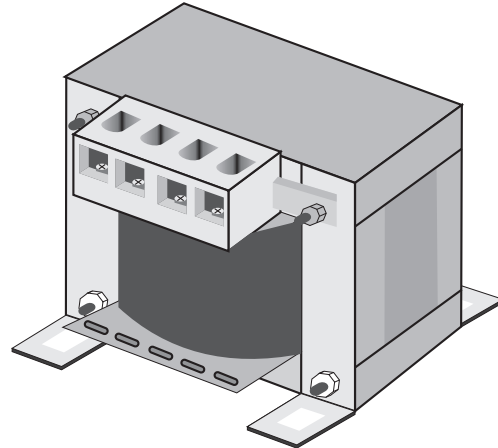
N°	OPERACIONES		MATERIALES / INSTRUMENTOS	
01	; Hacer diagrama de conexiones de placa de bornes		; Destornillador plano, estrella	
02	; Sacar datos de placa de transformador		; Alicata Universal, corte, punta plana	
03	; Desarmar transformador		; Brocha de 2"	
04	; Sacar datos de devanado de BT		; Franela	
05	; Extraer devanado de BT		; Martillo de bola	
06	; Sacar datos de devanado de AT			
07	; Extraer devanado de AT			
08	; Limpiar núcleo laminado			
01	01			
PZA.	CANT.	DENOMINACIÓN		OBSERVACIONES
	EXTRACCIÓN DE DEVANADOS DEL TRANSFORMADOR		HT 01	REF.
	ELECTRICISTA INDUSTRIAL		TIEMPO:	HOJA: 1/1
			ESCALA:	2004

PROCESO DE EJECUCIÓN:

OPERACIÓN:

HACER DIAGRAMAS DE CONEXIONES DE PLACA DE BORNES

- ~ Identifique cada uno de los bornes
- ~ identifique los terminales del bobinado
- ~ Marquelo y codifíquelo cada uno
- ~ Haga el diagrama de terminales y bornes



OPERACIÓN:

SACAR DATOS DE PLACA DE TRANSFORMADOR

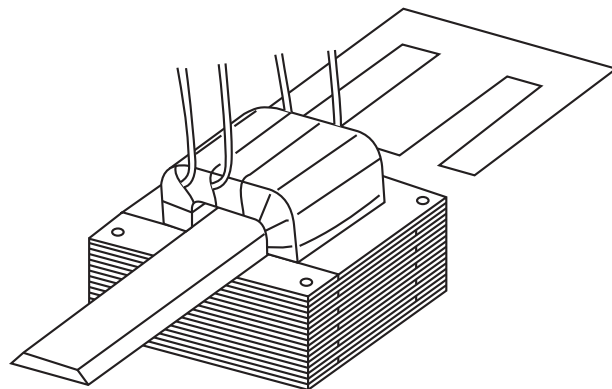
- ~ Identifique la placa del transformador
- ~ Anote en la hoja de datos para transformador todos los datos y valores encontrados en la placa de características.

		TRANSF		N°	
TIPO		AÑO			
VOLTIOS		KVA			
VACIO		Hz			
AMP		V c c %			
CONEX		GRUPO			
PESO TOTAL Kg		NORMA			
FABRICA:					

OPERACIÓN:

DESARMAR TRANSFORMADOR

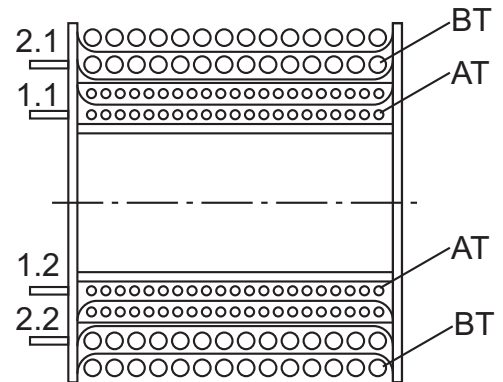
- ~ Afloje y retire los pernos y tuercas
- ~ Proceda a retirar todas las piezas que sujetan al núcleo
- ~ Retire las chapas magnéticas alternadamente, empujando las primeras con una varilla delgada
- ~ Mantengan en un solo sitio todas las partes desmontadas



OPERACIÓN:

SACAR DATOS DEL DEVANADO DE BT.

- ~ Tome medidas del bobinado de baja tensión (BT)
- ~ Haga el esquema del bobinado de baja tensión (AT)



OPERACIÓN:

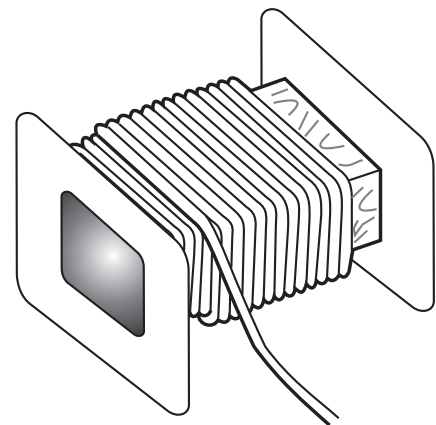
EXTRAER DEVANADO DE BT.

- ~ Cuente y anote el número de capas
- ~ Calibre y anote el número del conductor BT.
- ~ Observe la cantidad de conductores en paralelo
- ~ Cuente y anote el número de vueltas del devanado 2.1 - 2.2

OPERACIÓN:

SACAR DATOS DE DEVANADO DE AT.

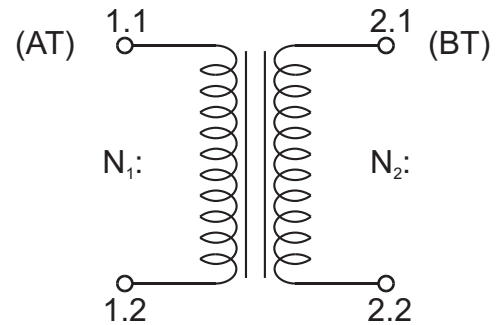
- ~ Calibre y anote el número del conductor AT.
- ~ Tome medidas del bobinado de alta tensión
- ~ Haga el esquema del bobinado de alta tensión



OPERACIÓN:

EXTRAER DEVANADO DE AT.

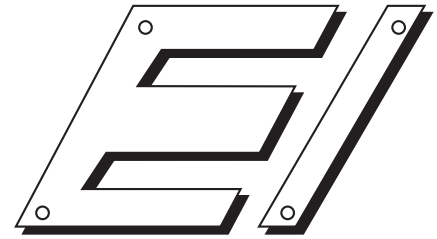
- ~ Cuente y anote el número de capas
- ~ Calibre y anote el número del conductor AT.
- ~ Observe la cantidad de conductores en paralelo
- ~ Cuente y anote el número de vueltas del devanado 1.1 - 1.2



OPERACIÓN:

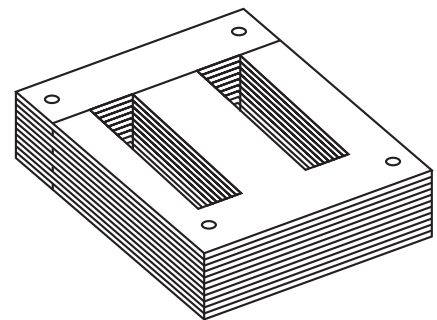
LIMPIAR NÚCLEO LAMINADO

- ~ Enderece las chapas que estén deformadas, golpeandola suavemente sobre una superficie plana, con un martillo de madera o de plástico
- ~ Quite de los bordes los restos del material de impregnación, raspandolos suavemente con una navaja



OBSERVACIÓN:

- ~ Recuerde que las chaspas tienen una capa muy delgada de aislamiento; procure no dañarla
- ~ Guarde las piezas en un lugar seguro para evitar su pérdida o deterioro

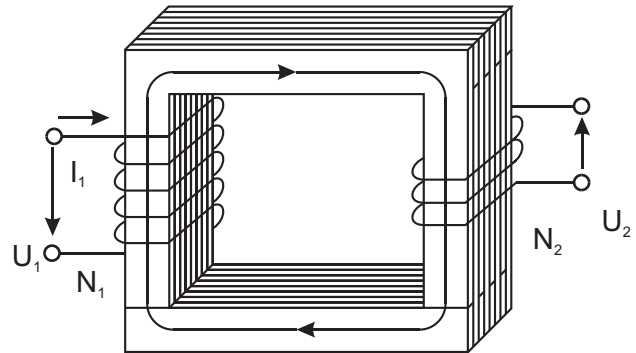


SEGURIDAD

- ~ Nunca limpie con una escobilla de hierro
- ~ Las chapas magnéticas pueden producir cortes, de ser necesario utilice guantes

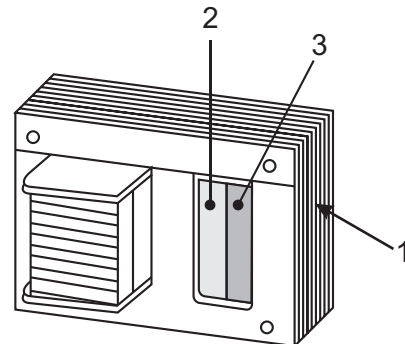
DISEÑO DE UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE DOS DEVANADOS

Un transformador monofásico se compone de dos bobinados, el primario y el secundario, sin contacto eléctrico entre ellos y devanados sobre un núcleo de hierro. El núcleo se compone de chapas de hierro dulce para que las pérdidas por histéresis sean pequeñas, pues este material tiene un ciclo de histéresis muy estrecho. Además se aíslan las chapas unas de otras para que sean pequeñas las pérdidas por corrientes de Foucault al quedar limitadas éstas al interior de cada una de las chapas.



DIBUJO ENCORTE DE LOS DEVANADOS DE UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

1. Núcleo magnético
2. Bobina primaria
3. Bobina secundaria



TENSIÓN INDUCIDA

Según la Ley de Faraday la tensión inducida depende siempre del cociente $\frac{d\Phi}{dt}$ y del número de espiras (N) atravesadas por el flujo magnético.

$$U_{ind} = N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

CÁLCULO DEL NÚMERO DE VUELTAS (N)

El número de vueltas del bobinado estará en relación con la tensión así como lo indica la fórmula siguiente:

$$N = \frac{U}{4,44 \cdot B \cdot A_{fe} \cdot F}$$

Donde:

U: Tensión en voltios

B: Inducción magnética en Tesla

A_{fe} : Área del núcleo en m^2

F: Frecuencia en c/s

CALCULO DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR

La sección del conductor estará relacionado con la intensidad y de la densidad de corriente.

$$A_{cu} = \frac{I}{S}$$

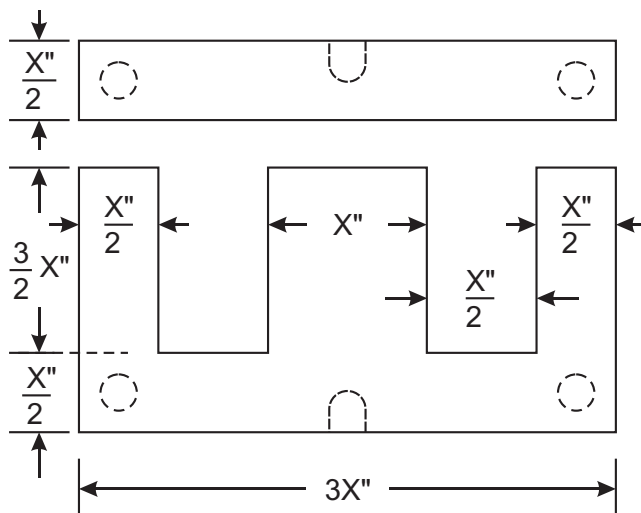
Donde:

A_{cu} : Área del conductor en mm^2

I : Intensidad en Amperios

S : Densidad de corriente en A/mm^2

DIMENSIONES DE LÁMINAS



Parte central	=	x
Ancho	=	3x
Alto	=	5/2x
Ancho ventana	=	x/2
Alto ventana	=	3/2x
Area Frontal	=	6x ²
Sección transversal	=	x ²
Volumen	=	x ³
Long. Circuito magnético	=	6x

TABLA DE CONDUCTORES ESMALTADOS

TABLA PARA EL USO PRACTICO DE LOS ALAMBRES DE COBRE

N° AWG	DIÁMETRO EN		SECCIÓN mm ²	RESISTENCIA Ohms/Km.	PESO kg. / Km.	CARGA DESNUDA	AMPERIOS AISLADO	CARGA 4 Amp/mm ²	CORTE FUNCIÓN
	m.m.	Milésimos/P							
0000	11.68	460.0	107.2	0.16	953	300	270	429	3220
000	10.40	409.6	85.03	0.2	756	240	210	340	2685
00	9.266	364.8	67.43	0.26	592	200	180	270	2262
0	8.251	324.8	53.48	0.33	475	175	136	214	1905
1	7.348	289.3	42.41	0.42	377	150	120	170	1595
2	6.554	257.6	33.63	0.53	299	120	90	134	1340
3	5.827	229.4	26.67	0.67	237	105	75	107	1128
4	5.189	204.3	21.15	0.84	188	100	70	85	947
5	4.621	181.9	16.77	1.06	149	85	55	67	800
6	4.115	162	13.30	1.34	118	70	50	53	671
7	3.665	144.3	10.55	1.69	93.7	65	45	42	565
8	3.264	128.5	8.366	2.13	74.4	53	33	33	475
9	2.906	114.4	6.634	2.69	58.9	35	28	26.5	396
10	2.588	101.9	5.261	3.39	46.8	30	25	21	334
11	2.305	90.74	4.172	4.26	37.1	25	20	16.5	285
12	2.053	80.81	3.309	5.38	29.4	22	18	13	235
13	1.828	71.96	2.624	6.79	23.3	19	16	10.7	220
14	1.628	64.08	2.081	8.59	18.5	15	13	8.4	166
15	1.450	57.07	1.650	10.79	14.7	12	10	6.6	140
16	1.291	50.82	1.309	13.65	11.6	10	8	5.2	117
17	1.150	45.26	1.038	17.16	9.23	8	4	4.2	100
18	1.024	40.3	0.8231	21.69	7.32	6	3	3.3	83
19	0.9116	35.89	0.6527	27.33	5.80	4	2	2.6	67
20	0.8118	31.96	0.5176	34.45	4.60	3.6	1.8	2.1	56
21	0.7229	28.46	0.4105	43.31	3.65	3.2	1.5	1.6	49
22	0.6438	25.35	0.3255	55.12	2.89	2.8	1.2	1.3	41
23	0.5733	22.57	0.2582	68.90	2.30	2.4	1.0	1.0	34.5
24	0.5106	20.1	0.2047	87.27	1.82	2.0	0.8	0.8	29
25	0.4547	17.9	0.1624	99.13	1.44	1.7	0.6	0.65	24.5
26	0.4049	15.94	0.1288	139.11	1.14	1.5	0.55	0.51	20
27	0.3606	14.2	0.1021	174.55	0.908	1.2	0.45	0.41	17.7
28	0.3211	12.64	0.08098	221.80	0.720	1.1	0.4	0.32	14.7
29	0.2859	11.26	0.06422	275.60	0.571	0.9	0.3	0.26	12.5
30	0.2546	10.3	0.05093	351.07	0.453	0.8	0.25	0.2	10.2
31	0.2268	8.928	0.04039	442.93	0.359	0.65	0.2	0.16	8.7
32	0.2019	7.95	0.03203	551.21	0.285	0.55	0.15	0.13	7.3
33	0.1800	7.087	0.02545	698.85	0.227	0.46	0.12	0.1	6.2
34	0.1601	6.305	0.02014	885.87	0.179	0.40	0.11	0.08	5.1
35	0.1426	5.615	0.01597	1122.10	0.142	0.32	0.09	0.064	4.4
36	0.1270	5	0.01267	1407.55	0.113	0.28	0.07	0.051	3.6
37	0.1131	4.453	0.01005	1738.93	0.0893	0.24	0.06	0.04	3.1
38	0.1007	3.965	0.007967	2201.55	0.0708	0.18	0.04	0.032	2.6
39	0.089..	3.531	0.006318	2874.16	0.0562	0.15	0.03	0.025	2.1
40	0.07987	3.145	0.005010	3674.72	0.0445	0.13	0.02	0.02	1.7

1 Pie = 3048

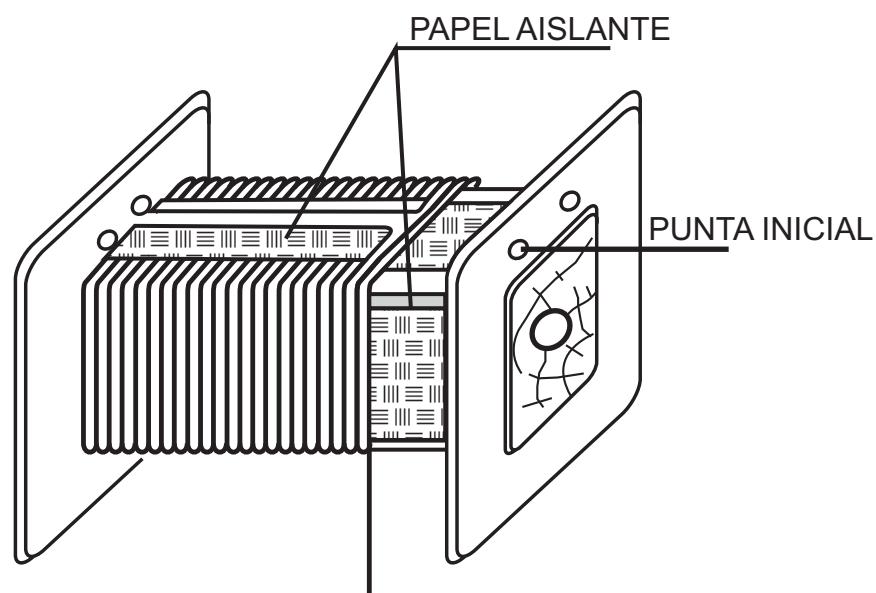
1 Metro = 3281 Pies

Los valores de resistencia valen para cobre de dureza media, según la ASTM B25 combertio en sistema métrico (tem 20° C)

DATOS DE CONDUCTORES DE COBRE

TAREA 2

COLOCACIÓN DE DEVANADOS DE TRANSFORMADOR



N°	OPERACIONES		MATERIALES / INSTRUMENTOS	
01	; Determinar capacidad del núcleo		; Papel aislante	
02	; Preparar molde para devanado de transformador		; Molde para transformador	
03	; Bobinar devanado de AT		; Núcleo magnético tipo E - I	
04	; Probar continuidad de devanado de AT		; Alambre esmaltado #	
05	; Aislar devanado de AT		; 30cm. Cable GPT # 16 y 14 AWG	
06	; Bobinar devanado de BT		; Soldadura de estaño de 1/8" - 50/50	
07	; Probar continuidad y aislamiento de devanado de BT		; Pasta fundente	
08	; Aislar devanado de BT		; Espagueti de	
			; Alicate de corte	
			; Cuchilla de electricista	
			; Máquina de bobinar	
01	01			
PZA.	CANT.	DENOMINACIÓN		OBSERVACIONES
	COLOCACIÓN DE DEVANADOS DE TRANSFORMADOR		HT 02	REF.
	ELECTRICISTA INDUSTRIAL		TIEMPO:	HOJA: 1/1
			ESCALA:	2004

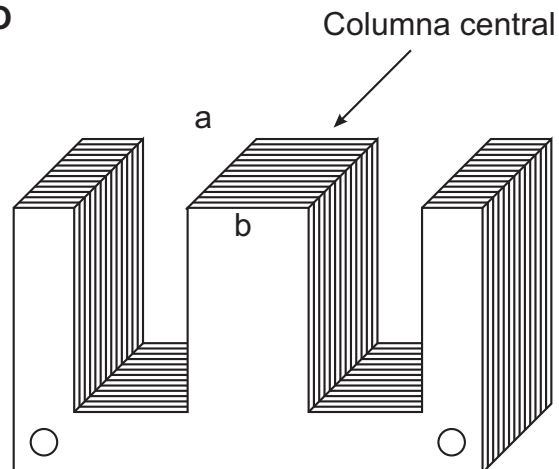
PROCESO DE EJECUCIÓN

OPERACIÓN:

1. DETERMINAR CAPACIDAD DEL NÚCLEO

- y Apile y sujete firmemente todas las chapas del tipo "E".
- y Con la ayuda de una regla mida en cm. la longitud "a" y "b"
- y Calcule la sección transversal de la columna.

$$S_N: a \times b$$
- y Calcule la capacidad del núcleo (W).

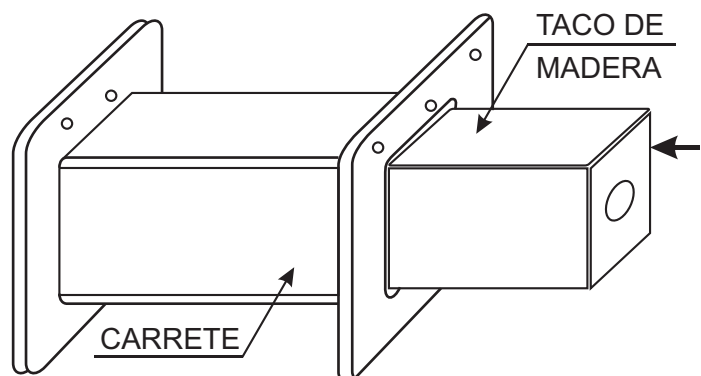


$$P = (SN)^2$$

OPERACIÓN:

2. PREPARAR MOLDE PARA DEVANADO DE TRANSFORMADOR

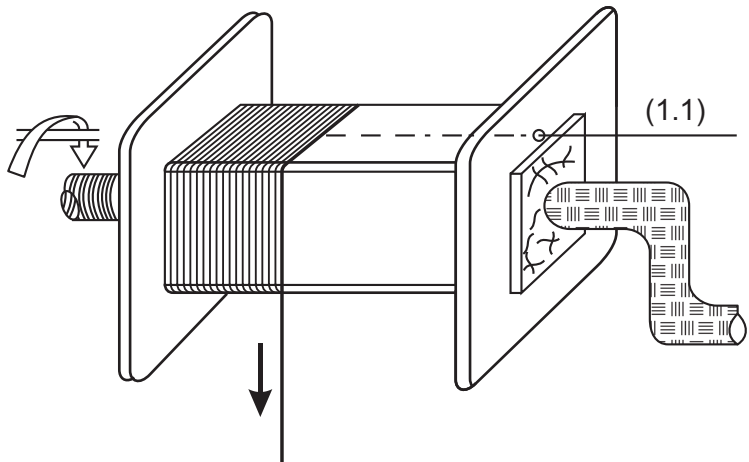
- y Ejecute el trazado en cartón aislante.
- y Corte con guillotina o tijera los materiales trazados.
- y Haga el cuerpo del carrete.
- y Haga las tapas del carrete.
- y Monte las tapas sobre el cuerpo del carrete y cubra este con un papel aislante de 0,30 mm de espesor como mínimo, atando sus extremos firmemente.



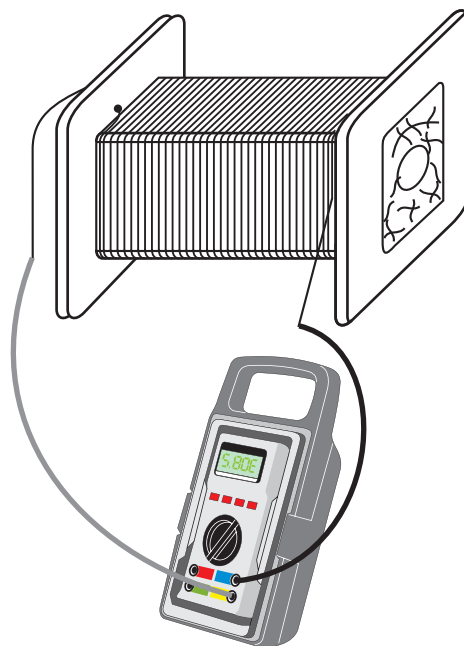
OBSERVACIÓN: En la actualidad existen en el mercado carretes plásticos para transformadores en diferentes tamaños.

OPERACIÓN:**3. BOBINAR DEVANADO DE AT.**

- y Ponga el cuenta vueltas a cero
- y Pase la punta del conductor por el agujero de la pestaña del carrete
- y Coloque una cinta aislante sobre el conductor
- y Arrolle la primera camada comenzando por el extremo opuesto al que paso el conductor por el agujero
- y Continúe con la segunda camada hasta alcanzar el total de espiras

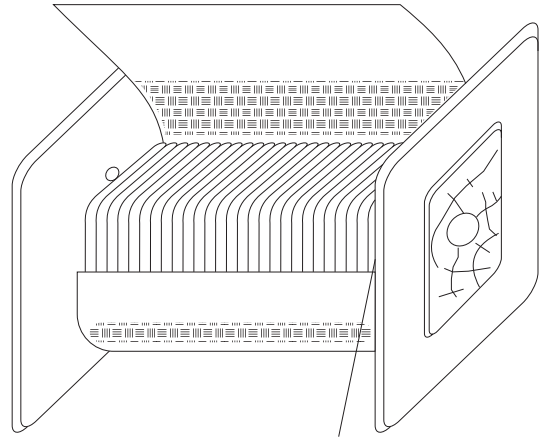
**OPERACIÓN:****4. PROBAR CONTINUIDAD DE DEVANADO DE AT.**

- y Marque con 1.1 al extremo inicial de la bobina y con 1.2 al extremo final
- y Quite 2 cm. aproximadamente del esmalte aislante del terminal 1.1 y 1.2
- y mida con el ohmímetro la continuidad de la bobina en los extremos 1.1 y 1.2
- y Registre el valor de la lectura



OPERACIÓN:**5. AISLAR DEVANADO DE AT.**

- y Corte una tira de papel aislante de 0,2 mm como mínimo
- y Cubra totalmente el bobinado
- y Sujete el extremo final del aislante con una cinta adhesiva

**OPERACIÓN:****6. BOBINAR DEVANADO DE BT.**

- y Ponga el contavueltas nuevamente a cero
- y Pase la punta del conductor de BT. por el agujero de la pestaña del carrete que le corresponde
- y Arrolle la primera camada de la segunda bobina, manteniendo el mismo sentido de arrollamiento que la bobina de AT.
- y Continúe enrollando hasta alcanzar el total de espiras.

OPERACIÓN:**7. PROBAR CONTINUIDAD Y AISLAMIENTO DE BT.**

- y Marque con 2.1 al extremo inicial de la segunda bobina y con 2.2 al extremo final.
- y Quite 2 cm. aproximadamente del esmalte aislante de los terminales 2.1 y 2.2
- y Mida con el ohmímetro la continuidad de la bobina (2.1 - 2.2). Y registre el valor de la lectura (Ver paso 4).

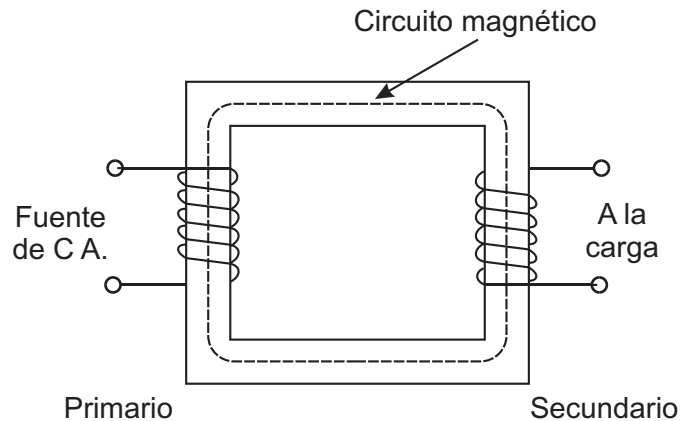
OPERACIÓN:**8. AISLAR DEVANADO DE BT.**

- y Corte una tira de papel aislante de 0,35 mm como mínimo
- y Cubra totalmente el bobinado sujetando los extremos con una cinta adhesiva (ver paso 5)

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

Al aplicarse tensión al primario que es un devanado continuo empieza a circular una corriente que determina que se establezca un campo magnético en el centro de la bobina. Si la tensión aplicada es alterna, el campo magnético también lo es.

El campo magnético es conducido por el núcleo de hierro hasta que atraviesa el devanado denominado secundario. De acuerdo a principios electromagnéticos se sabe que si en un campo magnético variable se hace atravesar una espira, se determina que en ésta exista una tensión alterna inducida. En nuestro caso las espiras corresponden al bobinado secundario.

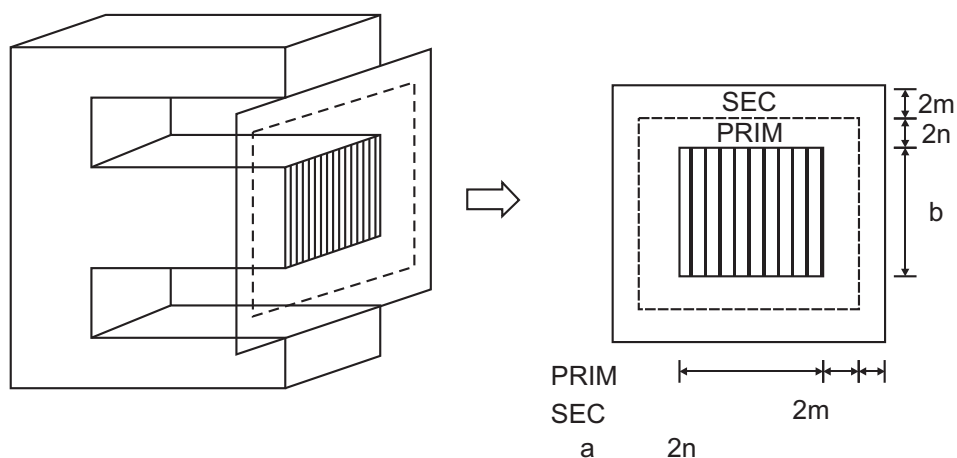


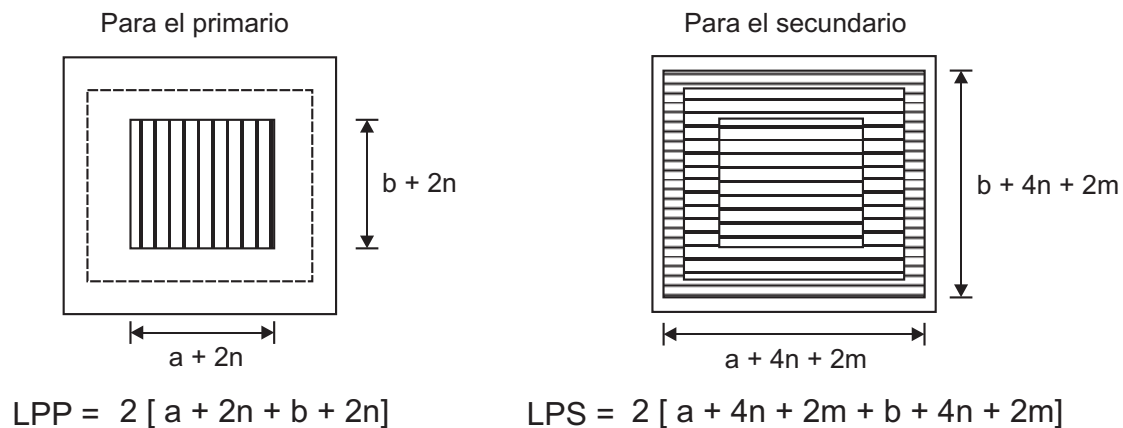
Cálculo del peso de devanados

Para ello primero se deberá calcular la longitud del hilo conductor de cada uno de los devanados.

Ejemplo:

LONGITUD PROMEDIA DE LOS DEVANADOS





y Cálculo de la longitud total del primario (LTP)

LTP : $2 [a + 2n + b + 2n]$ Número de espiras del primario

y Cálculo de la longitud total del secundario (LTS)

LTS : $2 [a + 4n + 2m + b + 4n + 2m]$ Número de espiras del secundario

y Cálculo del peso del devanado primario y secundario observando la tabla de calibras de conductores encontramos la relación Kg/km peso primario.

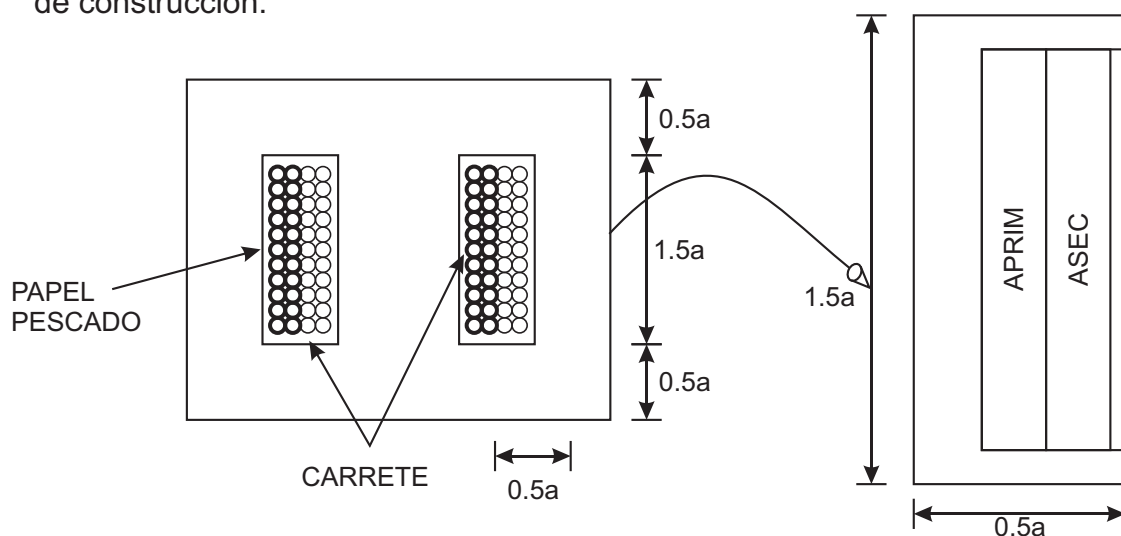
Peso Primario Peso P: LTP · Factor

Peso Secundario Peso S: LTS · Factor

y Cálculo del Peso del Núcleo

Primero calculamos las dimensiones de las láminas.

Haciendo un corte transversal al transformador se puede observar algunos detalles de construcción.



El área que ocupan los devanados es:

$$A_{DEV} = (0.5a - 0.25) (1.5a - 0.125) \quad (2)$$

Igualando (1) y (2):

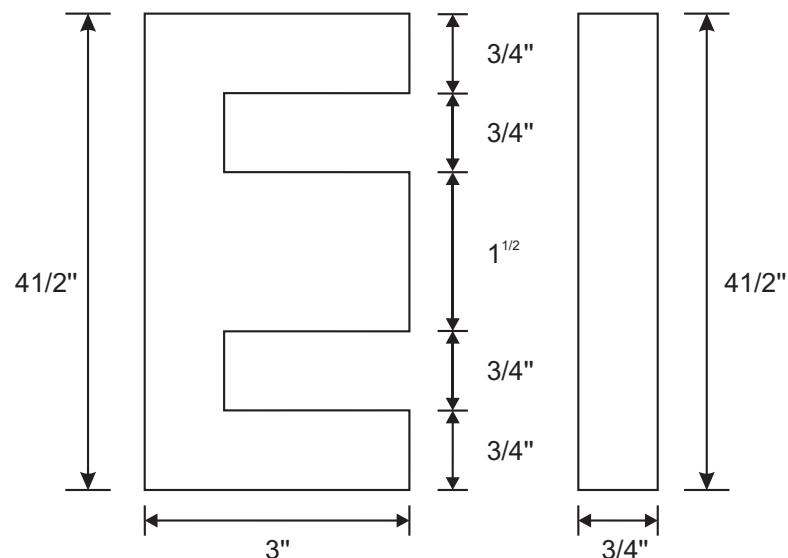
$$(0.5a - 0.25) (1.5a - 0.125) = 0.9050$$

$$\Rightarrow 0.75a^2 - 0.4375a - 0.8738 = 0$$

$$\Rightarrow a = \frac{-(-0.4375) \pm \sqrt{(-0.4375)^2 - 4(0.75)(-0.8738)}}{2(0.75)}$$

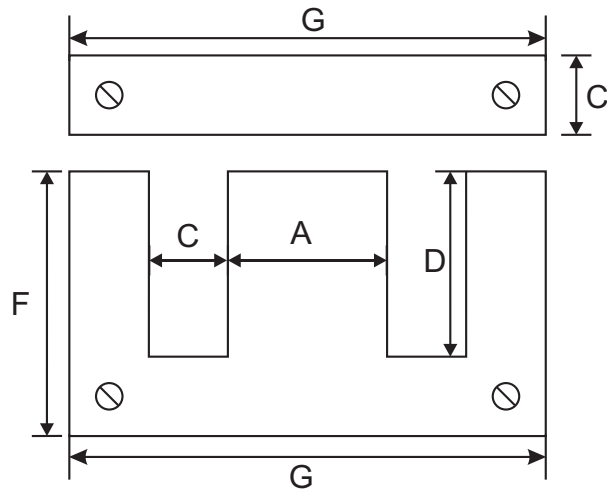
$$\Rightarrow a = 1.4098 \text{ pul} \Rightarrow a = 11/2 = 1.50"$$

Luego las dimensiones de las láminas serán:



Una vez determinado las variaciones de la lámina podemos calcular el peso del núcleo con la ayuda de la tabla n° 2.

Dimensiones de Láminas



Parte Central	Dimensiones		Ventana		Peso Libras	Longitud del circuito Magnético
	Ancho	Alto	Ancho	Alto		
A Pulgadas	G. Pulg.	F. Pulg.	C. Pulg.	D. Pulg.		Pulgadas
$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	0.195	3.00
$\frac{9}{16}$	$1\frac{11}{16}$	$1\frac{13}{32}$	$\frac{9}{32}$	$\frac{27}{32}$	0.277	3.38
$\frac{5}{8}$	$1\frac{8}{7}$	$1\frac{9}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{15}{16}$	0.380	3.75
$\frac{11}{16}$	$2\frac{1}{16}$	$1\frac{23}{32}$	$\frac{11}{32}$	$1\frac{1}{32}$	0.506	4.13
$\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$1\frac{7}{8}$	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{8}$	0.657	4.50
$\frac{13}{16}$	$2\frac{7}{16}$	$2\frac{1}{32}$	$\frac{13}{32}$	$1\frac{7}{32}$	0.835	4.88
$\frac{7}{8}$	$2\frac{5}{8}$	$2\frac{3}{16}$	$\frac{7}{16}$	$1\frac{5}{16}$	1.04	5.25
1	3	$2\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1.56	6.00
$1\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{8}$	$\frac{5}{8}$	$1\frac{7}{8}$	3.04	7.50
$1\frac{3}{8}$	$4\frac{1}{8}$	$3\frac{7}{16}$	$\frac{11}{16}$	$2\frac{1}{16}$	4.05	8.25
$1\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	$3\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	5.25	9.00
$1\frac{3}{4}$	$5\frac{1}{4}$	$4\frac{3}{8}$	$\frac{7}{8}$	$2\frac{5}{8}$	8.34	10.50
2	6	5	1	3	12.5	12.00

1. PÉRDIDAS EN EL COBRE (EFECTO JOULE)

Si una existencia de R ohms es atravesada por una corriente de I amperes, se calienta, y el calor desprendido equivale a una energía de RI^2 joules por segundo.

Se dice también que en una resistencia R atravesada por una corriente I , se produce una pérdida de energía que aparece bajo la forma de calor, cuyo valor es RI^2 joules por segundo, o sea una pérdida de potencia igual a RI^2 watts.

En efecto, entre los extremos de esta resistencia hay una diferencia de potencial $u = RI$ volts; siendo la corriente de I amperes, la potencia gastada en el conductor es $u \times I$ watts, o sea

$$RI \times I = RI^2 \text{ watts.}$$

Durante t segundos, la energía gastada es $RI^2 t$ joules que se transforma totalmente en calor. Se expresa ordinariamente este hecho diciendo que se produce en el conductor una pérdida de energía por efecto joule igual a $RI^2 t$.

2. PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO (HISTÉRESIS)

Cuando aplicamos corriente alterna a los bobinados del núcleo se puede observar lo siguiente:

En la figura 1 se representa la curva de saturación. Sin embargo, cuando la corriente disminuye nuevamente, el flujo sigue una ruta diferente de la segunda cuando la corriente se aumentó. Cuando la corriente disminuye, el flujo en el núcleo sigue la ruta *bed* y luego cuando la corriente aumenta nuevamente, el flujo sigue la ruta *deb*. Nótese que la cantidad de flujo presente en el núcleo depende no solamente de la cantidad de corriente aplicada a su embobinado, sino también de la historia previa del flujo en el núcleo. Esta dependencia de la historia precedente del flujo y la falla resultante para volver sobre el trazo de la trayectoria del flujo se llama histéresis. La trayectoria *bcdeb* trazada en la figura 1, mientras la corriente aplicada cambia, se llama curva de histéresis.

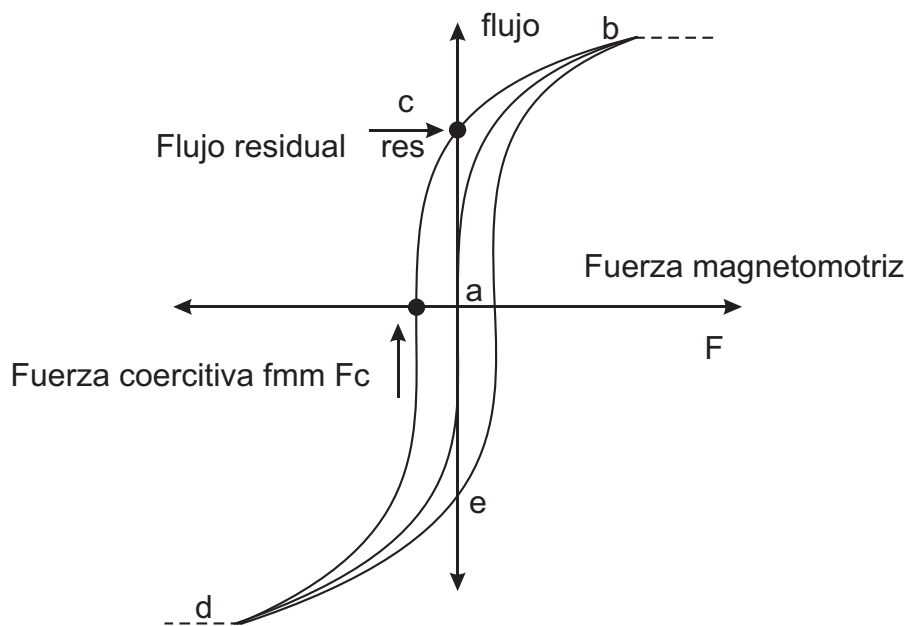


Figura 1: La curva de histéresis trazada por el flujo es un núcleo cuando se le aplica la corriente $i(t)$.

Nótese que si una fuerza magnetomotriz grande se aplica primero al núcleo y luego se elimina, la trayectoria del flujo en el núcleo será abc. Cuando a fuerza magnetomotriz se elimina, el flujo en el núcleo no llega a cero. En lugar de esto, un campo magnético permanece en él, Este campo magnético se denomina flujo remanente en el núcleo.

Es precisamente es está forma como se producen los imanes. Para llevar el flujo hasta cero, una cantidad de fuerza magnetomotriz, conocida como la fuerza coercitiva magnetomotriz F_c , se debe aplicar al núcleo en la dirección opuesta.

¿Porqué ocurre la histéresis? Para entender el comportamiento de los materiales ferromagnéticos es necesario conocer algo relativo a su estructura. Los átomos de hierro y de metales similares (cobalto, níquel y algunas de sus aleaciones) tienden a tener sus campos magnéticos estrechamente alineados entre sí. Dentro del metal hay pequeñas regiones llamadas dominios. En cada dominio los átomos los átomos están alineados con sus campos magnéticos señalando en la misma dirección, de tal manera que cada dominio dentro del material actúa como un pequeño imán permanente. La razón por la cual un bloque entero de hierro puede parecer sin flujo es que estos numerosos y diminutos dominios se orientan desordenadamente dentro del material.

Cuando a este bloque de hierro se le aplica un campo magnético externo, produce dominios que señalan la dirección del campo y que crecen a expensas de dominios que señalan otras direcciones. Los dominios que señalan la dirección del campo magnético crecen puesto que los átomos en sus límites cambian físicamente su orientación para alinearse con el campo magnético.

Los átomos extras alineados con el campo aumentan el flujo magnético en el hierro, que a su vez causa el cambio de orientación de otros átomos, aumentando en consecuencia la fuerza del campo magnético. Este efecto positivo de retroalimentación, es lo que causa que el hierro tenga una permeabilidad mucho mayor que la del aire.

Como la fuerza del campo magnético externo continúa en aumento, la totalidad de los dominios que están alineados en la dirección equivocada, eventualmente, se reorientarán como una sola unidad para alinearse con aquél. Finalmente, cuando casi todos los átomos y dominios del hierro se alinean con el campo externo, cualquier aumento posterior en la fuerza magnetomotriz puede causar solamente el mismo aumento de flujo que causaría en el espacio libre. (Una vez que todo se alinea, no puede haber más efecto de retroalimentación que fortalezca el campo). En este punto el hierro está saturado con el flujo.

La causa para la histéresis es que cuando el campo magnético externo se suspende, los dominios no se desordenan por completo nuevamente ¿Porqué algunos dominios permanecen alineados? Porque reorientar los átomos en ellos requiere energía.

Originalmente, la energía la suministró el campo magnético externo para lograr el alineamiento; cuando el campo se suspende, no hay fuente de energía que impulse dominios a reorientarse. El trozo de hierro es ahora un imán permanente.

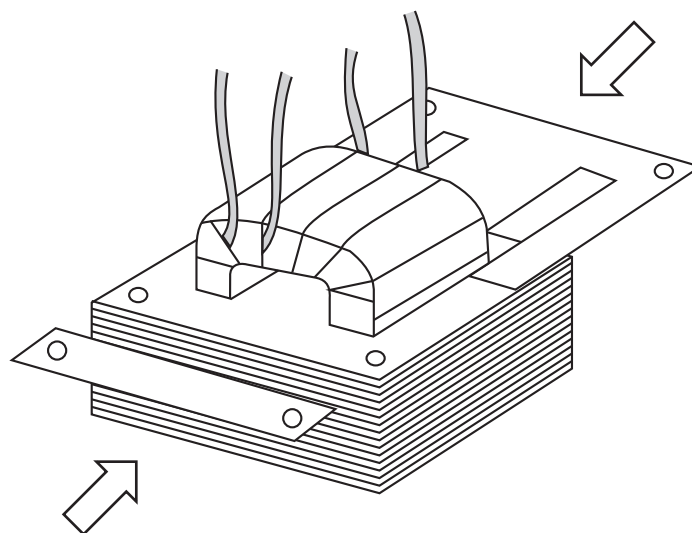
Una vez los dominios están alineados, algunos de ellos permanecerán así hasta que una fuente de energía externa les sea aplicada para cambiarlos. Ejemplos de fuente de energía externa que puedan cambiar los límites entre dominios entre los alineamientos de los dominios son la fuerza magnetomotriz aplicada en otra dirección, un choque mecánico fuerte y el calentamiento. Cualquiera de estos hechos puede suministrar energía a los dominios y posibilitar el cambio de su alineamiento. (Por esta razón un imán permanente puede perder su magnetismo si se cae, se golpea con un martillo o se calienta).

El hecho de que reorientar los dominios en el hierro requiera energía lleva a un cierto tipo de pérdida de ella en todas las máquinas y transformadores. La pérdida por histéresis en un núcleo de hierro es la energía necesaria para lograr la reorientación de los dominios durante cada ciclo de la corriente alterna aplicada a un núcleo. Se puede mostrar que el área encerrada en la curva de histéresis, formada por la aplicación de una corriente alterna al núcleo, es directamente proporcional a la pérdida de energía en un ciclo dado de ca.

Entre más pequeño sea el recorrido de la fuerza magnetomotriz aplicada en el núcleo, más pequeña es el área de la curva de histéresis y en la misma forma, más pequeñas las pérdidas resultantes.

TAREA 3

ARMADO DE TRANSFORMADOR



N°		OPERACIONES		MATERIALES / INSTRUMENTOS	
01		; Armar núcleo de transformador		; Megohmetro	
02		; Probar aislamiento de tranformador		; Martillo de goma	
03		; Preparar bornera		; Destornilladores plano, estrella	
04		; Conectar bornera		; Alicate de corte, universal	
				; 06 tornillos	
				; 01 bornera de 4 bornes	
				; Baquelita	
				; Arco de sierra.	
01		01			
PZA.		CANT.		DENOMINACIÓN	
				OBSERVACIONES	
		ARMADO DE TRANSFORMADOR		HT: 03 REF.	
		ELECTRICISTA INDUSTRIAL		TIEMPO:	
				HOJA: 1/1	
				ESCALA:	
				2004	

ARMADO DE TRANSFORMADOR

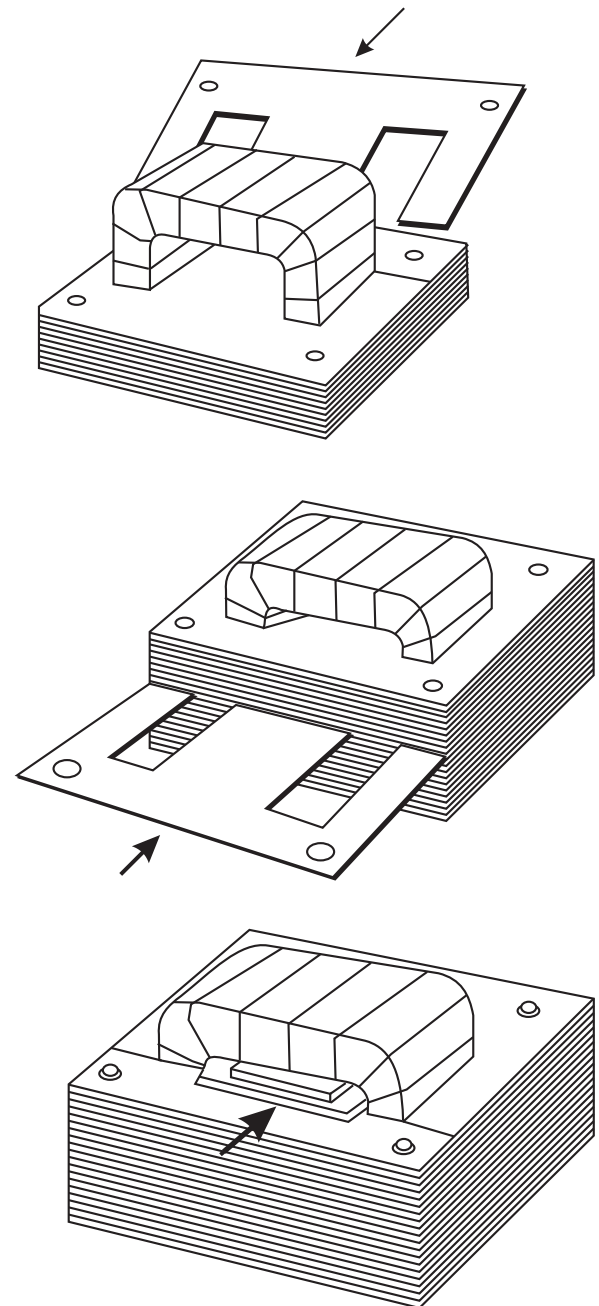
Consiste en colocar chapas de hierro matizados en forma adecuada, previamente aislados, para formar el núcleo del transformador.

PROCESO DE EJECUCIÓN:

OPERACIÓN:

ARMAR NÚCLEO DE TRANSFORMADOR

- y Inicie el montaje de los campos tipo "E" en la bobina colocándolos una a una.
- y Intercambie de lado la posición de la chapa tipo "E" para lograr que los entrehierros ocupen posiciones alternadas.
- y Termine el montaje de las chapas intercalando las últimas para no dañar las bobinas.
- y Alineé los agujeros de las chapas con uno del mismo diámetro.
- y Prese el paquete de chapas que forma el núcleo apretando los tornillos.
- y Fije la bobina en el núcleo utilizando cuñas de fibra o madera.



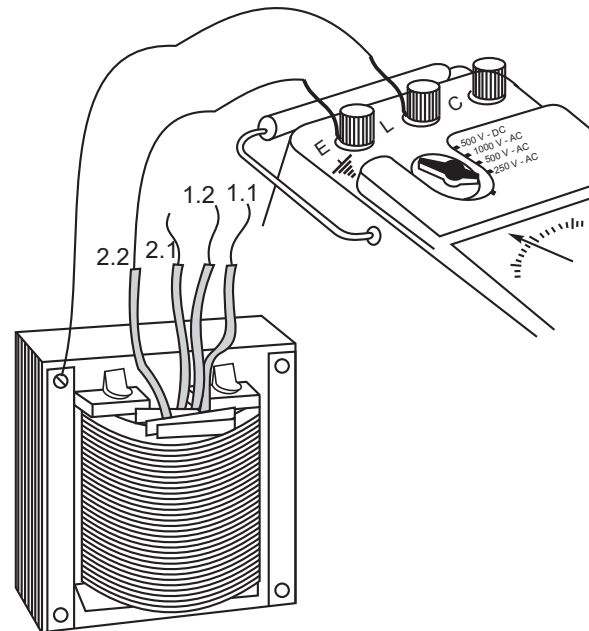
OBSERVACIÓN:

- y Verifique que el espesor del paquete de chapas quede uniforme, luego de apretar los tornillos, midiéndolo en diferentes puntos de cada lado.

OPERACIÓN:

PROBAR AISLAMIENTO

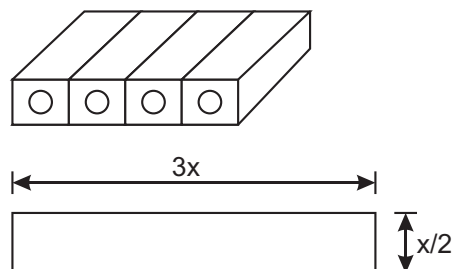
- y Mida la resistencia de aislamiento del transformador, conectando primero el instrumento entre la masa y el terminal 1.1, luego con el terminal 2.1.
- y Finalmente mida el aislamiento entre los dos bobinados, colocando los puntos de instrumento entre los terminales 1.1 y 2.1
- y Anote el resultado de las mediciones en la hoja de protocolo.



OPERACIÓN:

PREPARAR BORNERA

- y Seleccionar una bornera con cuatro bornes no menor a 4 mm.
- y Corte una pieza de baquelita según medidas, y perforar dos huecos con diámetro idéntico a las chapas magnéticas (I).



OPERACIÓN:

CONECTAR BORNERA

- y Ordene los terminales del bobinado según la figura (a) (2.2) (2.1) (1.2) (1.1)
- y Coloque la bornera haciendo coincidir con cada uno de los terminales.
- y Con la ayuda de un destornillador fijé la bornera y luego ajuste los tornillos de la bornera..

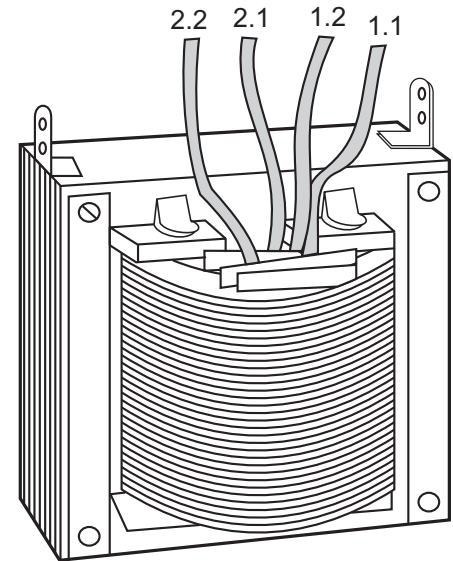
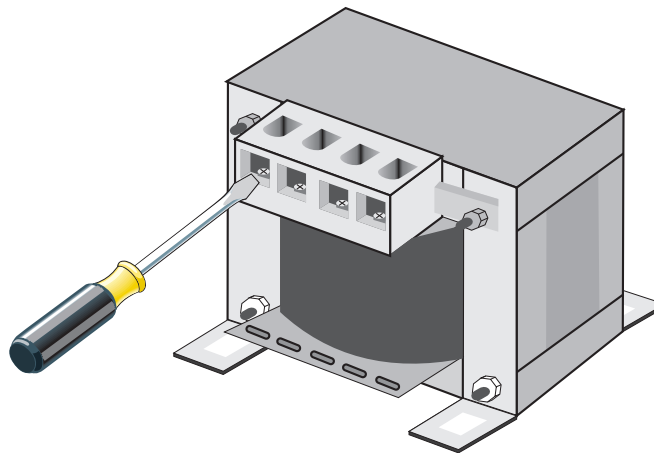


Fig. (a)



MATERIALES FERROMAGNÉTICOS PARA TRANSFORMADORES:

La aleación ferromagnética más utilizada para el diseño de núcleos de transformadores es la aleación hierro-silicio, esta aleación es la producida en mayor cantidad y esta compuesta por hierro esencialmente puro con 1-6% de silicio, dependiendo este porcentaje del fin a que se destine el material. Dando a esta aleación un tratamiento térmico adecuado, se obtiene un material que comparado con el hierro, tiene mejores propiedades magnéticas para campos magnéticos débiles, una resistividad mayor y sufren pérdidas totales menores en el núcleo. Está aleación se lamina en chapas y flejes, principalmente de espesores comprendidos entre 0,35 y 0.635 mm. recocidos; en el lenguaje corriente se le conoce con el nombre de acero al silicio o Chapa magnética.

Las chapas de mejor calidad presentan mayor contenido en silicio, entre 4 y el 5. El silicio eleva la dureza del material, por lo que su porcentaje se determina según el empleo al que se designa la chapa. Para máquinas rotatorias el límite superior es aproximadamente del 4%, teniendo en cuenta el peligro de la fragilidad. También se prefieren chapas de menor contenido de silicio cuando las densidades de funcionamiento son elevadas o cuando se desea una elevada conductividad calorífica. Las pérdidas en el núcleo y el coeficiente de envejecimiento aumentan al disminuir el contenido de silicio.

La fabricación de la chapa magnética ha llegado a estar normalizada en considerable extensión por lo que los datos magnéticos publicados por diversos fabricantes no se diferencian, calidad por calidad, excesivamente.

 AISLAMIENTO INTERLAMINAR

El aislamiento interlaminar se consigue formando una capa de óxido natural sobre la superficie de la chapa magnética laminada plana o aplicando un revestimiento superficial. Evidentemente este tratamiento no reduce las corrientes parásitas en el interior de las chapas. Generalmente se consigue una mejora en la resistencia entre chapas recociendo la chapa bajo condiciones ligeramente oxidantes que aumentan el espesor del óxido superficial y cortando entonces las formas acabadas para los núcleos.

Los revestimientos o acabados de aislamiento pueden clasificarse ampliamente en orgánicos o inorgánicos.

a) El aislamiento orgánico: Consiste, en general, en esmaltes o barnices que se aplican a la superficie del acero para proporcionar una resistencia interlaminar.

La chapa magnética laminada plana con revestimiento de tipo orgánico no puede recibir un recocido de distensión sin perjudicar el valor aislante de la chapa. Esta, sin embargo, resiste las temperaturas de funcionamiento normales. Algunos aislamientos orgánicos son apropiados sólo en núcleos refrigerados por aire, mientras que otros pueden ser apropiados para núcleos de transformadores tanto del tipo refrigerado por aire como los de baño de aceite. El espesor de este tipo de aislamiento es de aproximadamente de 2,5 m.

b) El aislamiento inorgánico: Se caracteriza, en general, por una elevada resistencia y por la capacidad de resistir las temperaturas necesarias para el recocido de distensión. Esta ideado para núcleos de transformadores refrigerados por aire o en baño de aceite.

TIPOS DE NÚCLEOS Y FORMAS DE LAS LAMINAS

Existen 2 tipos de núcleos fundamentales de estructura del transformador ellos son el tipo columna y el tipo acorazado, los cuales se detallan a continuación.

Tipo núcleo: Este tipo de núcleo se representa en la fig. 1, indicando el corte A-1 la sección transversal que se designa con S (cm²). Este núcleo no es macizo, sino que esta formado por un paquete de chapas superpuestas, y aisladas eléctricamente entre sí. Para colocarlas y poder ubicar el bobinado terminado alrededor del núcleo, se construyen cortadas, colocando alternadamente una sección U con una sección I. La capa siguiente superior cambia la posición I con respecto a la U.

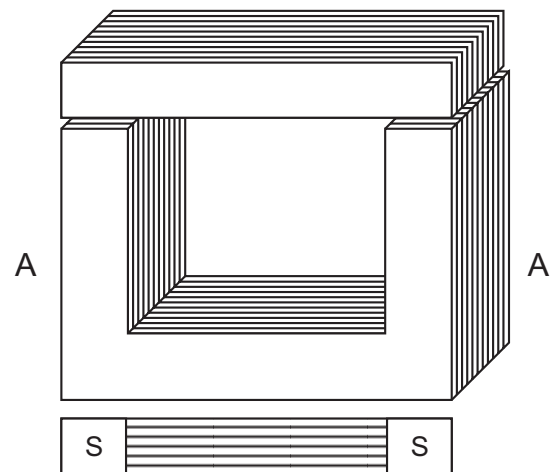


Figura 1. Vista y corte de un núcleo tipo columna

Núcleo tipo acorazado: Este tipo de núcleo es más perfecto, pues se reduce la dispersión, se representa en la fig. 2 en vistas. Obsérvese que las líneas de fuerza de la parte central, alrededor de la cual se colocan las bobinas se bifurcan abajo y arriba hacia los 2 costados, de manera que todo el contorno exterior del núcleo puede tener la mitad de la parte central. Esto vale para las 2 ramas laterales como también para las 2 cabezas.

Para armar el núcleo acorazado también se lo construye en trozos, unos en forma de E y otros en forma de I, y se colocan alternados, para evitar que las juntas coincidan.

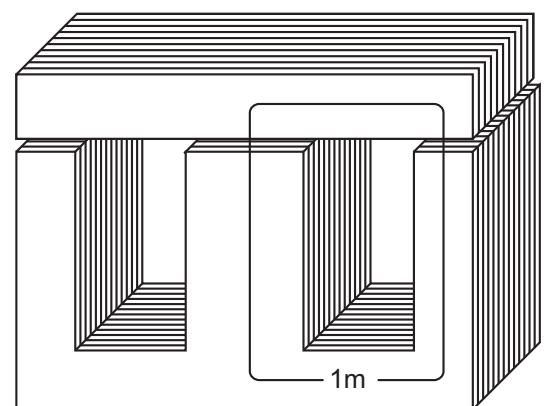


Figura 2. Vista de un núcleo tipo acorazado con indicación de la longitud magnética media

El hecho que los núcleos sean hechos en dos trozos, hace que aparezcan juntas donde los fillos del hierro no coinciden perfectamente, quedando una pequeña luz que llamaremos entrehierro.

obsérvese que en el tipo núcleo hay dos entrehierros en el recorrido de las fuerzas, y que el acorazado también, porque los dos laterales son atravesados por la mitad de líneas cada uno.

Formas de lamina para transformadores monofásicos los más comunes son las siguientes formas: en M, en EI, en UI y en L.

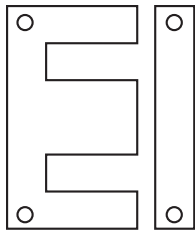


Lámina en EI

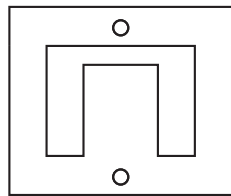


Lámina en M

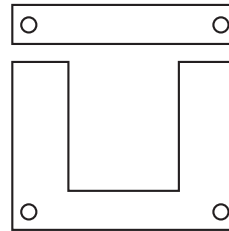


Lámina en UI

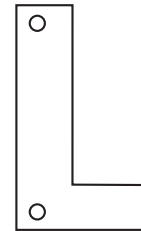


Lámina en L

FACTOR DE APILAMIENTO DEL Fe

El factor de apilamiento del Fe se define como el cociente entre el área de la sección recta del hierro y el área de la sección recta de la pila.

Este factor se utiliza cuando la estructura magnética está constituida por chapas delgadas recortadas en forma adecuada y apretadas entre sí, el volumen de cada una de ellas no es igual al volumen del hierro que realmente conduce el flujo, ya que entre las láminas existen regiones de permeabilidad igual a la del aire, debido a la presencia de irregularidades o grietas en la superficie de las chapas, debido a la delgada capa de barniz aislante aplicada deliberadamente para evitar el contacto entre chapas y reducir las pérdidas por corrientes de Foucault, o debido a rebabas en los cantos de las chapas, originadas al troquearla. Esta región conduce muy poco flujo debido a lo relativamente bajo de su permeabilidad; así, para tener en cuenta su efecto disminuyendo el volumen total de hierro, se acostumbra a expresar el área eficaz de la sección recta como igual al producto del área de la sección recta de la pila de chapas por el factor de apilamiento.

El factor de apilamiento se halla comprendido entre 0,95 - 0,9 para espesores de láminas comprendidos 0,63 - 0,35 mm. Para láminas delgadas, de entre 0,025 - 0,12 mm. de espesor, debido a la mayor dificultad existente de sujetar láminas y reducir las rebabas ya que la capa aislante es proporcionalmente más gruesa, el factor de apilamiento se halla comprendido entre 0,4 y 0,75, pudiendo mejorarse mediante procedimiento de fabricación especiales.

La inducción magnética en el hierro es igual, al flujo total por el producto del factor de apilamiento por el área de la sección recta de la pila.

En cuanto a los conductores para hacer bobinas, su tipo depende de la sección, pues hasta 6 mm². pueden usarse alambre y más arriba de ese límite se usan cables de muchos hilos, o bien cintas planas, para facilitar el bobinado. La aislación para los conductores pueden ser algodón, que luego se impregnará si no se emplea baño de aceite.

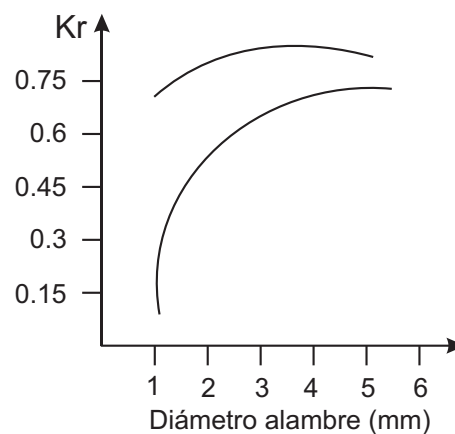
Para transformadores de soldadura que trabajan con tensiones muy bajas y corrientes muy fuertes, se suelen colocar las cintas de cobre sin aislación, pues la resistencia de contacto entre ellas es suficiente para evitar drenajes de corriente.

Esta situación mejora aún debido a la oxidación superficial del cobre.

FACTOR DE RELLENO DEL COBRE

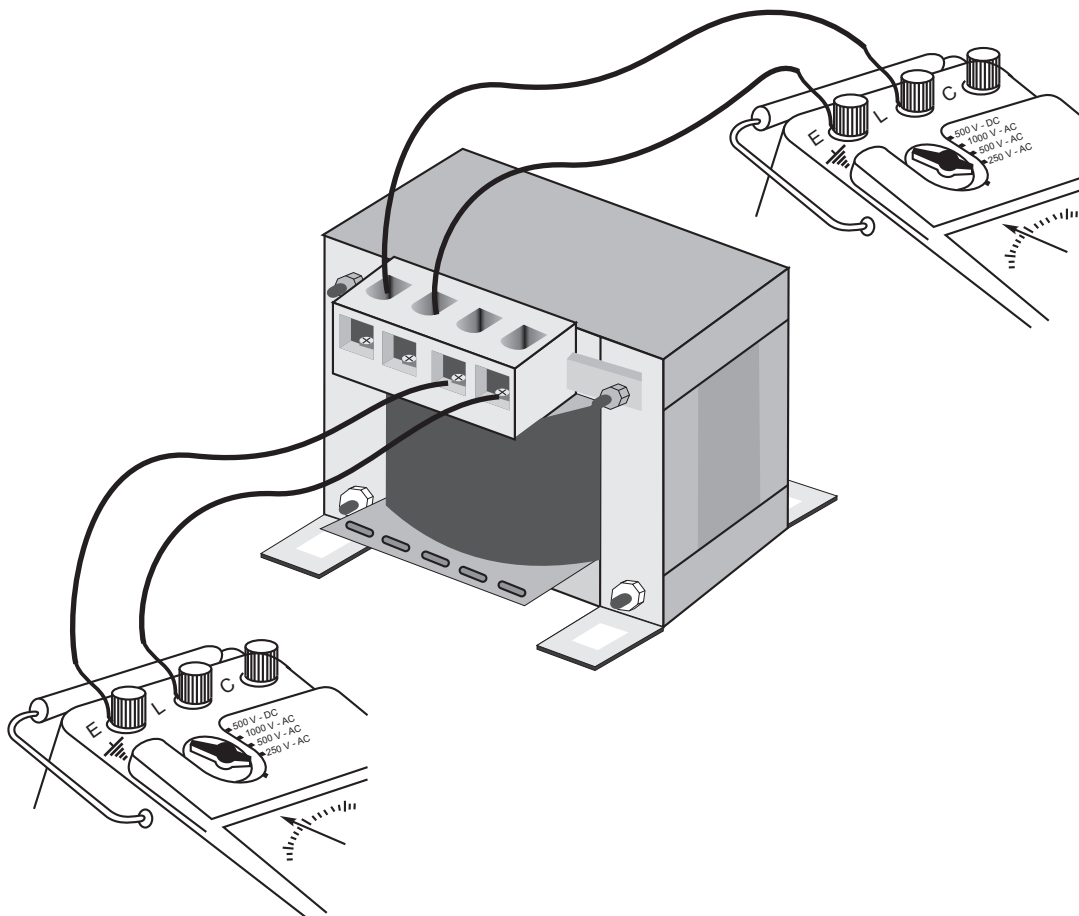
Definición: El factor de relleno del cobre se refiere al cociente entre la sección neta del cobre y la sección que ocupa el mismo alambre con aislación incluida. Este factor de relleno se le suele llamar K_r .

La siguiente figura muestra como ejemplo unas curvas típicas de los coeficientes de relleno del cobre para distintos diámetro de alambre empleados en el bobinado.



TAREA 4

PRUEBA DE TRANSFORMADOR



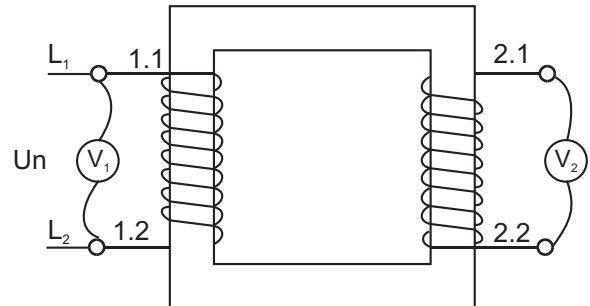
N°		OPERACIONES		MATERIALES / INSTRUMENTOS	
01		; Probar transformador en vacío		; Voltímetro	
02		; Probar transformador con carga		; Amperímetro	
03		; Barnizar y secar transformador		; Reostato de 100	
				; Horno de Secado	
				; Barniz transparente	
01		01			
PZA.	CANT.	DENOMINACIÓN			OBSERVACIONES
		PRUEBA DE TRANSFORMADOR		HT: 04	REF.
		ELECTRICISTA INDUSTRIAL		TIEMPO:	HOJA: 1/1
				ESCALA:	2004

PROCESO DE EJECUCIÓN:

OPERACIÓN:

PRUEBA DEL TRANSFORMADOR EN VACÍO

- y Consiste en alimentar al bobinado primario con una tensión igual a la nominal, para ello se deberá conectar un voltímetro V_1 en los bornes 1.1 y 1.2, coloque un segundo voltímetro V_2 en los bornes 2.1 y 2.2 correspondientes al bobinado secundario.



En vacío

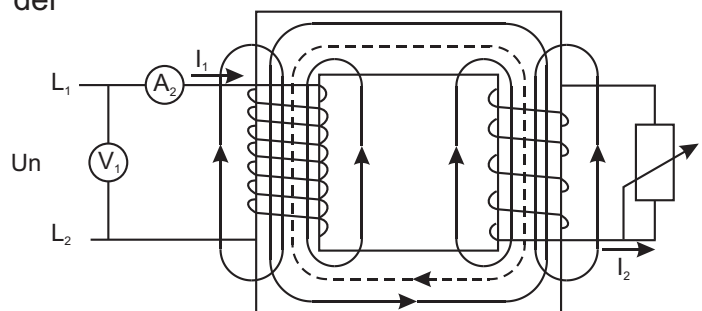
Medición	Tensión Primaria (V_1)	Tensión Secundaria (V_2)
1 ^{era}		
2 ^{do}		
3 ^{ra}		
Valor promedio		

OPERACIÓN:

PRUEBA DEL TRANSFORMADOR CON CARGA

- y Mediante esta prueba se verificará la potencia del transformador. Para ello se debe conectar en serie un amperímetro y en paralelo un voltímetro con el bobinado primario y conectarlo a una conexión igual a la nominal. En las barras del bobinado secundario se conectará un reostato de carga que se irá variando hasta alcanzar la intensidad nominal en el primario.

Dejar funcionar por espacio de 15 minutos y con la ayuda de un termómetro mida la temperatura del transformador.

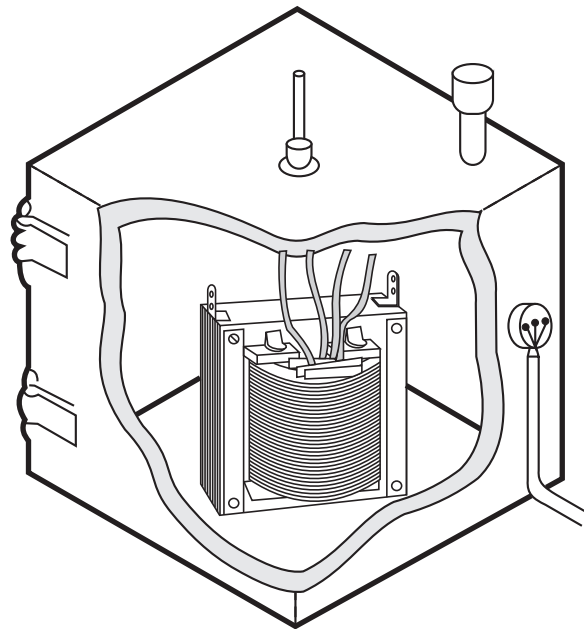
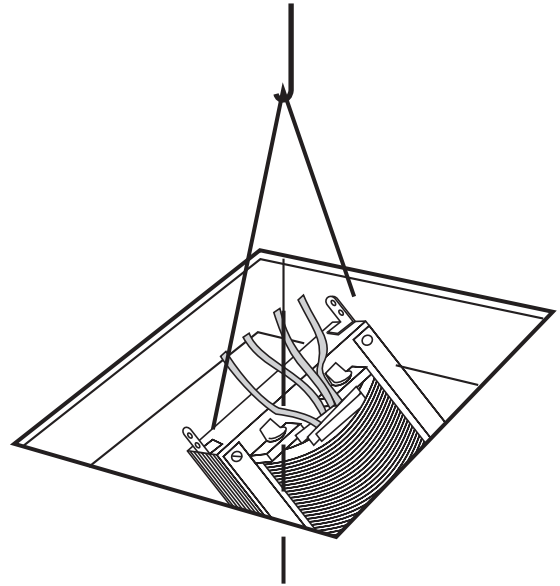


Con Carga

Medición	Tensión Primaria (V_1)	Intensidad Primaria (I_1)	Temperatura
1 ^{era}			
2 ^{do}			
3 ^{ra}			
Valor promedio			

OPERACIÓN:**BARNIZAR Y SECAR TRANSFORMADOR**

- y Retire la bornera antes del proceso de barnizado y secado
- y Impregne el transformador con barniz transparente, durante 1/2 hora.
- y Suspenda el transformador para dejar escurrir.
- y Colocar el transformador al interior del horno durante 3 a 4 horas entre 90° a 120° C de temperatura.



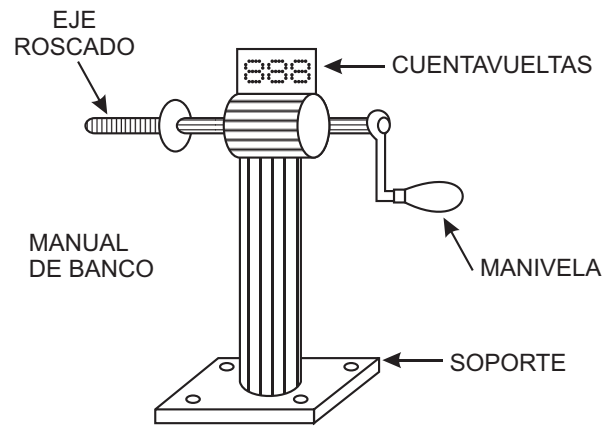
MÁQUINAS REBOBINADORAS

En los talleres rebobinados se utilizan diferentes tipos de máquinas rebobinadas y una serie de moldes.

Las máquinas rebobinadoras se pueden clasificar en:

Máquinas Manuales

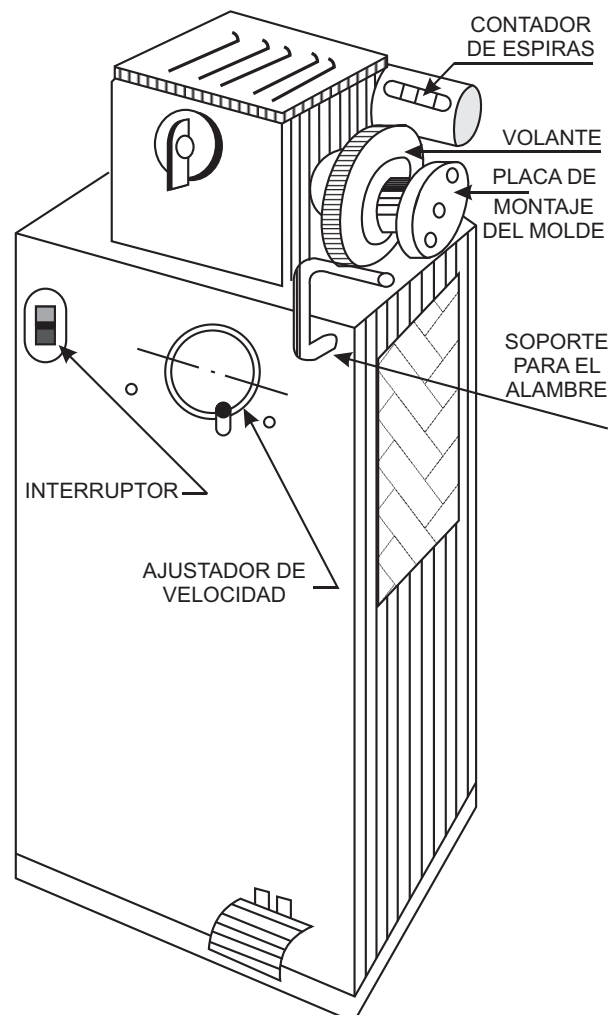
Dentro de las máquinas existen varios tipos de diferentes formas, peso, consta de un soporte, un eje roscado en el cual se coloca el molde, una manivela y un cuentavueltas.



Máquinas Eléctricas

Estas máquinas son accionadas por un motor eléctrico y dispone de un sistema de regulador de velocidad del eje que soporta el molde, accionado por un pedal ubicado en la base de la máquina.

Algunas máquinas disponen además de un sistema automático de avance y retroceso, regulable, que ubica las espiras una a lado de otra sin dejar espacios



HORNOS DE SECADO

Existen diferentes tipos tamaños y potencias, los mas utilizados son aquellos que nos permitan regular la temperatura y el tiempo de secado. Como partes principales de un horno o estufa mencionamos: Caja o camara de secado, aislamiento termico, elemento termico y cuadro de control.

Es recomendado que el calor producido por el elemento calefactor llegue de manera indirecta ala pieza a secar.

PROTOCOLO DE PRUEBAS DE UN TRANSFORMADOR

PROTOCOLO

Marca : ACC
 Tamaño : M74b
 Modelo : A100
 Serie : TQ200105
 Cliente : SENATI

Primario (1.1 - 1.2)				Secundario (2.1 - 2.2)		
Ip (A)		Up (V)		Isec = I A		
				Usec (2.1 - 2.2)		
Debe tener	Tiene	Debe tener	Tiene	Debe tener	Tiene	
0.5	0.6	220	218	110	115	

PRUEBA DE ALTA TENSIÓN

Tensión de prueba :1 minuto

Punto de prueba	Tensión de prueba	Resultado
Bobinado primario con núcleo	4 Kv	
Bobinado secundario con núcleo	4 Kv	
Bobinado primario con secundario (1.1 - 12.1)	4 Kv	

Fecha:

Probado por:

LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

El célebre entomólogo Fabre escribía hace muchos años lo siguiente:

"El hombre sucumbirá al fin asesinado por el exceso de lo que él llama civilización".

Hoy en día esa frase es más real y actual que nunca, cuando los desechos de la civilización industrial están al asalto de nuestras aguas, suelos y aire. Siempre se piensa que ese es un problema de los países desarrollados y altamente industrializados. Sin embargo esa afirmación es totalmente falsa.

En el Perú la contaminación ambiental está avanzando. Por el contrario, mientras todos están buscando la solución al problema, nosotros estamos siguiendo los pasos hacia la contaminación.

EL PROBLEMA

¿ Qué es la contaminación ambiental ?

¿ Cuáles son sus causas?

¿ Qué errores estamos cometiendo nosotros?

Contaminación ambiental quiere decir "ensuciar el medio ambiente " con los residuos de las actividades humanas tanto de origen industrial como doméstico.

El problema no es reciente. Las grandes ciudades desde muy antiguo tenían necesidad de desembarazarse de los desperdicios, pero los desechos eran todos orgánicos (madera, excrementos, fibras vegetales y animales, etc) y de fácil descomposición por los agentes naturales y sobre el hombre es más profundo.

Pero, al iniciarse en el siglo pasado la revolución industrial, súbitamente se comenzó a desparramar por el planeta productos resistentes a la descomposición, cuyo impacto sobre las comunidades naturales y sobre el hombre es más profundo.

El problema se gravó aún más por la cantidad de tales sustancias, que se encuentran por doquier, debido al vertiginoso desarrollo de la industria y a la explosión demográfica.

El hombre aún no ha cambiado de mentalidad y de proceder: sigue vertiendo al aire, al suelo y a las aguas esos productos, sin preocuparse en lo más mínimo por la suerte de los mismos. Así el río Amazonas transporta hoy en día objetos de plástico, aceites de motores y petróleo, que no se descomponen o lo hacen con suma lentitud.

La naturaleza no está en condiciones de descomponer esa enorme masa de desechos y los residuos químicos se van acumulando y terminan por envenenar la atmósfera, la tierra y las aguas.

BIBLIOGRAFÍA

Curso superior GTZ.

Maquinas eléctricas II SENATI.

Colecciones básicas CINTERFOR.

GTZ.

SENATI.

CINTERFOR.



**PROPIEDAD INTELECTUAL DEL SENATI PROHIBIDA
SU REPRODUCCIÓN Y VENTA SIN LA AUTORIZACIÓN
CORRESPONDIENTE**

**CÓDIGO DE MATERIAL
0315**

**EDICIÓN
SETIEMBRE 2004**