

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA,
MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA



DISEÑO Y MANUFACTURA DE UNA DÉCADA DE INDUCTANCIAS PARA SU UTILIZACIÓN CON FINES DIDÁCTICOS

Tesis presentado por los Bachilleres:

Yoseph Ángel Rojas Arana

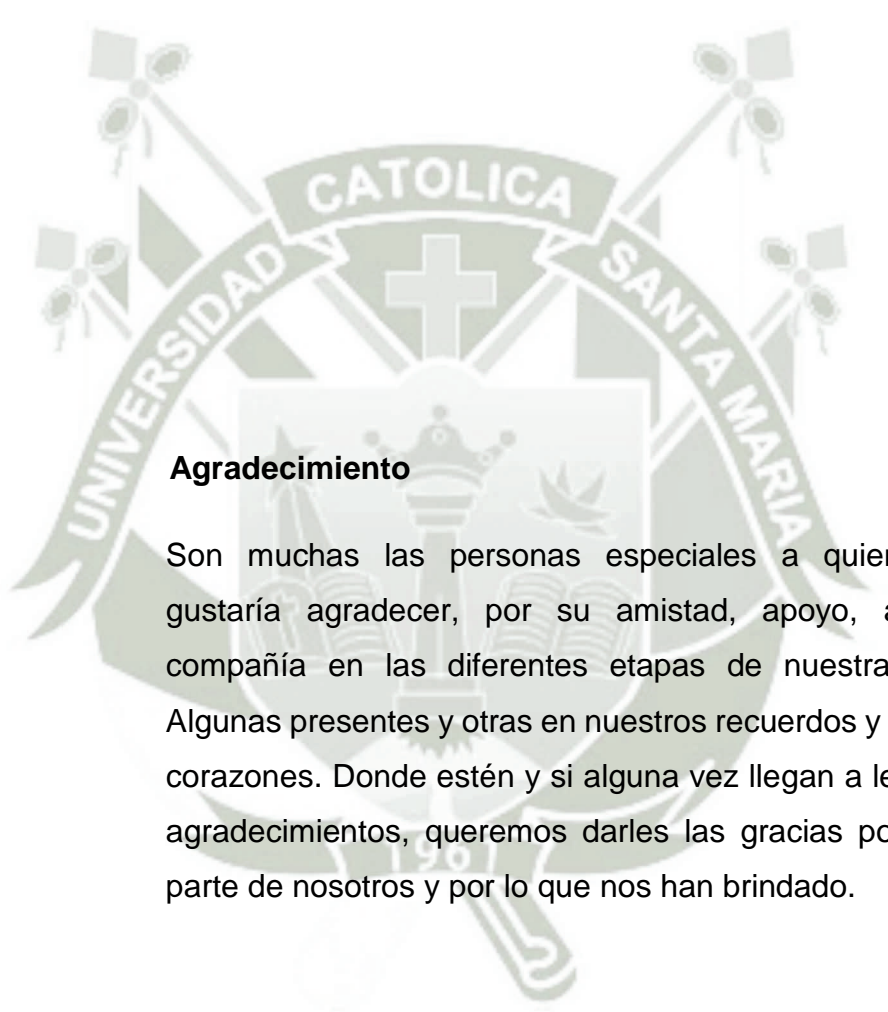
Carlos Alberto Machaca Huarca

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

AREQUIPA – PERÚ

2015



Agradecimiento

Son muchas las personas especiales a quienes nos gustaría agradecer, por su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de nuestras vidas. Algunas presentes y otras en nuestros recuerdos y nuestros corazones. Donde estén y si alguna vez llegan a leer estos agradecimientos, queremos darles las gracias por formar parte de nosotros y por lo que nos han brindado.

Muchas gracias

Joseph Ángel Rojas Arana

Carlos Alberto Machaca Huarca



Dedicatoria

A mi madre, que gracias a su empeño y dedicación hizo de mí una mejor persona y que me ha acompañado durante toda mi formación profesional.

A mi tía Martha.

Yoseph Angel Rojas Arana

Dedicatoria

A mis padres Víctor F. Machaca Salas y Lucila Huarca Córdova, quienes han estado a mi lado en las buenas y en las malas, han creído en mí y le han dado un valor especial a mi vida. De quienes he recibido todo el amor que he requerido y han depositado en mí la semilla que ha forjado hasta lo que soy.

A mi amada esposa, por su apoyo y ánimo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A mi adorado hijo Thiago Johannes Machaca Bustamante, quien fue el motivo y la razón para llegar a límites imaginables y poder culminar este proyecto.

A mis hermanos por sus consejos y compañía en todo momento.

Carlos Alberto Machaca Huarca

ÍNDICE

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
 CAPITULO I:	
GENERALIDADES	10
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	10
1.2. OBJETIVOS	11
1.2.1 Objetivo General	11
1.2.2 Objetivos Específicos.....	11
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	12
1.3.1. Justificación social	12
1.3.2. Justificación económica	12
1.3.3. Justificación técnica	12
14. ALCANCES.....	13
 CAPITULO II:	
MARCO TEÓRICO	14
2.1. MODELOS Y DISEÑO DE BOBINAS CON NÚCLEOS DE HIERRO	14
2.1.1. Relaciones generales	14
2.1.2. Efectos de los cambios en el devanado.....	20
2.2. EFECTOS DE LOS CAMBIOS EN LAS DIMENSIONES LINEALES.....	23
2.3. CONSIDERACIONES ENERGÉTICAS	27
2.3.1 Efectos en el entre hierro	37
2.4. TEORÍA DE MODELOS APLICADA A REDES	43
2.5. BOBINAS CON NÚCLEOS TOROIDALES.....	51
2.5.1 Características de los inductores con núcleo de hierro toroidal	52

CAPITULO III:

DISEÑO Y ENSAYOS DEL INDUCTOR BÁSICO COMPONENTE DE LA DÉCADA DE INDUCTANCIAS	54
3.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO DE LA DÉCADA DE INDUCTANCIAS	54
3.2. CALCULO DE LA TENSIÓN Y CORRIENTE EN LA BOBINA	54
3.3. CALCULO DEL NÚCLEO TOROIDAL Y LA BOBINA.....	55
3.4. CALCULO DE LAS PERDIDAS EN EL NÚCLEO TOROIDAL	55
3.5. CÁLCULO DE LA SECCIÓN NETA DEL NÚCLEO TOROIDAL.....	57
3.6. CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA BOBINA.....	61
3.7. PERDIDAS ELÉCTRICAS EN EL INDUCTOR TOROIDAL.....	64
3.7.1. Prueba de resistencia de aislamiento	64
3.7.2 .Prueba de resistencia óhmica de los devanados	65
3.7.3. Prueba de determinación de la inductancia de la bobina.....	66

CAPITULO IV:

PROCESO DE MANUFACTURA DEL AUTOTRANSFORMADOR.....	68
4.1. INTRODUCCIÓN	68
4.1.1. Materiales empleados en la manufactura de la década de inductancias	68
4.1.2. Proceso de manufactura del núcleo toroidal	71
4.1.2.1. Proceso de manufactura de la bobina del inductor	74
4.1.2.2. Proceso de ensamble de las bobinas al bastidor	77

CONCLUSIONES	82
---------------------------	-----------

RECOMENDACIONES	83
------------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA	84
---------------------------	-----------

ANEXOS	85
---------------------	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1	Circuitos equivalentes para una bobina con núcleo de hierro.....	17
Fig. 2	Diagrama vectorial para una bobina con núcleo de hierro.....	17
Fig. 3	Trayectoria del flujo magnético en dos tipos de núcleos.....	52
Fig. 4	Tensión y corriente en la bobina	54
Fig. 5	Núcleo toroidal en diseño.....	58
Fig. 6	Área o sección neta del núcleo toroidal.....	59
Fig. 7	Diagrama de conexiones para la prueba de aislamiento del inductor	64
Fig. 8	Diagrama de conexiones para determinar la resistencia óhmica del inductor	65
Fig. 9	Diagrama de conexiones para determinar la inductancia de la bobina	66
Fig. 10	Carrete de alambre de cobre magneto calibre 13 AWG	68
Fig. 11	Fleje de acero silicoso estandarizado de 100 mm.de ancho	69
Fig. 12	Barniz aislante para las bobinas.....	69
Fig. 13	Papel NOMEX aislante film de Poliéster	69
Fig. 14	Papel PRESPAN aislante de alta dureza	70
Fig. 15	Cinta aislante de vidrio virgen	70
Fig. 16	Cinta aislante de algodón de ½ y ¾ de pulgada.....	70
Fig. 17	Spaguetty de fibra de vidrio simple.....	71
Fig. 18	Spaguetty de fibra de vidrio reforzada.....	71
Fig. 19	Núcleo toroidal formado para el área diseñada (4 cm. De espesor)	72
Fig. 20	Tapas laterales de papel aislante PRESPAN	72
Fig. 21	Núcleo con las tapas laterales de PRESPAN instaladas	73
Fig. 22	Aislamiento del nucleo toroidal con cinta de vidrio virgen.....	73
Fig. 23	Núcleo completamente aislado	73
Fig. 24	Impregnado del núcleo aislado con resina sintética MEC.....	74
Fig. 25	Proceso de inicio de embobinado del núcleo con alambre esmaltado.....	75
Fig. 26	Empleo de lanzadera de alambre para facilitar el trabajo de embobinado.....	75
Fig. 27	Núcleo toroidal parcialmente embobinado.....	76
Fig. 28	Núcleo toroidal con la bobina completa.....	76
Fig. 29	Protección de la bobina con capa de cinta de algodón y una mano ligera de barniz aislante.....	76
Fig. 30	Impregnado de la bobina completa con barniz cementante rojo oxido	77
Fig. 31	Conjunto de los seis inductores que conforman la década.....	77
Fig. 32	Perfil de soporte del conjunto de los seis inductores	78
Fig. 33	Perfil de soporte con su base de apoyo de los seis inductores.....	79
Fig. 34	Pernos pasantes para fijación de las bobinas	79
Fig. 35	Perfil y base con los pernos de fijación instalados.....	79
Fig. 36	Instalación de los seis inductores en la base correspondiente	80
Fig. 37	Elemento de fijación de madera para cada uno de los inductores.....	80
Fig. 38	Fijación completa de los seis inductores	80
Fig. 39	Conectores industriales para conexión de los terminales de las bobinas	81
Fig. 40	Instalación de los conectores en el bastidor metálico.....	81
Fig. 41	Década de inductancias expedita para su utilización	81

RESUMEN

El comportamiento y las características de una máquina eléctrica se entienden y predicen mejor si se comprende no sólo su construcción física, sino también la función que desempeña el campo magnético en esa máquina, ya que casi todos los equipos prácticos para conversión de la energía utilizan tal campo como medio. El campo magnético puede generarse mediante un devanado (bobina) o un imán permanente.

Si el campo magnético se produce con un devanado, puede ser de magnitud constante (cc) o estar en función del tiempo (ca).

En los transformadores, el campo magnético de corriente alterna ayuda a transferir energía del lado primario (entrada) al lado secundario (salida). No se necesita conexión eléctrica entre los dos lados del transformador. El proceso de transferencia de energía se basa en el principio de inducción.

Sin embargo, en las máquinas de corriente continua y síncronas, es el campo magnético uniforme (constante) el que facilita la conversión de energía eléctrica en mecánica (acción de un motor), o de energía mecánica en eléctrica (acción de un generador). Descubriremos que ambas acciones, la del motor y la del generador, existen en forma simultánea en todo dispositivo de conversión de energía electromecánica. En otras palabras, no puede haber una acción sin la otra.

Por tanto, es evidente que el estudio de las máquinas eléctricas requiere una comprensión básica de los campos electromagnéticos, motivo por el cual, el propósito fundamental del diseño y fabricación de la década de inductancias propuesto, es el de reforzar el aprendizaje de las leyes fundamentales del electromagnetismo, y así posteriormente comprender con mayor facilidad el comportamiento real de las máquinas eléctricas.

ABSTRACT

The behavior and characteristics of an electrical machine better understand and predict if it includes not only its physical construction, but also the role of the magnetic field on that machine, since most practical equipment for energy conversion using such field as medium. The magnetic field can be generated by a winding (coil) or a permanent magnet.

If the magnetic field is produced by a winding, it may be of constant magnitude (cc) or be a function of time (ca).

In transformers, the AC magnetic field helps to transfer energy from the primary side (input) to the secondary side (output). No electrical connection between the two sides of the transformer is needed. The energy transfer process is based on the induction principle.

However, in continuous machines and synchronous flow, is the (constant) uniform magnetic field which facilitates the conversion of electrical energy into mechanical (by a motor), or mechanical energy into electrical (generator action). We find that both actions, the engine and generator, exist simultaneously in all device electromechanical energy conversion. In other words, there can be no action without the other.

It is therefore evident that the study of electrical machines requires a basic understanding of electromagnetic fields, why, the fundamental purpose of designing and manufacturing the proposed inductance decade, is to reinforce the learning of the fundamental laws electromagnetism, and so then more easily understand the actual behavior of electrical machines.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En las asignaturas donde se imparten los tópicos de electricidad y magnetismo, tanto en los cursos básicos, intermedios y de especialidad como son la Física II, circuitos eléctricos II y maquinas eléctricas I y II; se desarrollan los conceptos teóricos y aplicaciones de las leyes del electromagnetismo, para finalmente enfocarse en el estudio de las maquinas eléctricas desde su principio de funcionamiento, circuito equivalente, eficiencia, regulación y grupos de conexiones.

Sin embargo el estudio de las maquinas eléctricas tienen aplicaciones eminentemente prácticas, por lo que todo el desarrollo teórico carecería de sentido si no se realizan comprobaciones prácticas en el laboratorio para así poder comprobar los conceptos teóricos adquiridos en clases con el comportamiento real observado en los laboratorios.

Este aspecto en la actualidad, está limitado debido a que en los laboratorios de electricidad y maquinas eléctricas de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica eléctrica y Mecatronica, no se cuenta con el equipamiento suficiente para efectuar las experiencias de laboratorio, por lo cual se propone efectuar el diseño y posterior fabricación o manufactura de una década de inductancias, la misma que permita efectuar la mayor cantidad posible de experiencias prácticas sobre temas especializados y de esta forma se pueda complementar en forma práctica los conceptos teóricos, comprobando entonces el comportamiento real de las máquinas eléctricas, cuyos tópicos son tan importantes en la formación Profesional del Ingeniero Mecánico,

Ingeniero Mecánico Electricista o Ingeniero Mecatrónico, además de contribuir con este módulo educativo a la implementación de los laboratorios del área de electricidad y maquinas eléctricas, y esto a su vez permita no solo el desarrollo de la parte práctica de las asignaturas teóricas, sino también posibilite a los docentes y estudiantes de post grado a desarrollar temas de investigación en el fascinante mundo de las maquinas eléctricas.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Diseñar, construir y efectuar ensayos o pruebas a una década de inductancias con núcleo de hierro.

1.2.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos que se desean conseguir son:

- Efectuar los cálculos del diseño de una década de inductancias con núcleo de hierro.
- Fabricar la década de inductancias con núcleo de hierro diseñado anteriormente.
- Efectuar un análisis riguroso de las características de la década de inductancias diseñada, bajo diferentes regímenes y condiciones mediante ensayos específicos.
- Incrementar el equipamiento existente en el laboratorios de Electricidad y Maquinas eléctricas del Programa Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica.
- Hacer posible la realización de trabajos de investigación en el campo de las maquinas eléctricas por parte de los alumnos de pre y post grado.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El presente proyecto conforma el área de las maquinas eléctricas y a continuación se exponen los argumentos para su factibilidad

1.3.1. Justificación social

El presente proyecto contribuirá con la formación profesional de los estudiantes, mediante la realización de prácticas de laboratorio en las asignaturas en las cuales interviene la corriente alterna y específicamente las maquinas eléctricas y a los egresados para que puedan realizar proyectos de tesis del área de las maquinas eléctricas y a los estudiantes de post grado para que puedan efectuar estudios relacionados con la conversión electromagnética.

1.3.2. Justificación económica

El laboratorio de Electricidad y maquinas eléctricas de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatronica, de acuerdo a las asignaturas que en este se desarrollan, se hace necesario contar con inductores o bobinas que regulen los niveles de tensión, corrientes y potencias considerables, y este tipo de equipos o módulos no son muy comunes en el mercado ya que en muchos casos vienen a ser parte de equipos sofisticados, por lo que sus costos son elevados.

Considerando estos aspectos, este proyecto de tesis no solo quedara en el diseño sino que será fabricado y posteriormente donado al laboratorio, contribuyendo así directamente con su equipamiento.

1.3.3. Justificación técnica

El presente proyecto de tesis, contribuirá con los futuros trabajos de investigación que se desarrollen por parte de los estudiantes de

pre y post grado en el área de electricidad de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatronica.

1.4. ALCANCES

El alcance más relevante del presente trabajo de tesis, es el de coadyuvar en la formación profesional de los estudiantes de pre grado y la investigación por parte de los docentes y estudiantes del nivel de post grado.

Además de considerar el presente trabajo como un punto de partida para la realización de futuros trabajos de investigación en el área de las maquinas eléctricas y la conversión electromagnética.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MODELOS Y DISEÑO DE BOBINAS CON NÚCLEO DE HIERRO

Como los materiales magnéticos de los núcleos carecen de linealidad en sus propiedades, la manera más fácil de determinar las características de los aparatos que los contienen suele ser la determinación experimental. El análisis, aun siendo valiosísimo, es en gran parte empírico y por tanto deberá verificarse mediante datos experimentales verdaderos. Sin embargo, utilizando la teoría de modelos, los datos experimentales obtenidos de un prototipo pueden aplicarse rigurosamente a todos los tipos semejantes geoméricamente, independientemente de su tamaño, con tal que se observen ciertas condiciones de semejanza. Este concepto es muy importante y se aplica a todos los sistemas no lineales en general, aun cuando aquí sólo se considerará su aplicación a aparatos que contienen núcleos de hierro.

Podemos decir que la condición fundamental de semejanza eléctrica entre dos bobinas (u otros dos aparatos) de igual forma pero diferente tamaño es que los valores de las variables que caracterizan el estado del medio no lineal deben ser los mismos para puntos correspondientes de las dos bobinas. En otras palabras, si se realizan representaciones tridimensionales de los campos en el interior y en las proximidades de dos bobinas semejantes, y luego se reduce o amplía una representación hasta alcanzar el tamaño de la otra, ambas deberán coincidir. Considerando algunos ejemplos específicos se aclarará esta idea.

2.1.1 Relaciones generales

Consideremos, en primer lugar, una bobina cuyas características se conozcan en función de la inducción magnética B en una parte del núcleo. En el estudio que vamos a realizar, a esta bobina se le llamará prototipo. Para mayor sencillez, la tensión aplicada y la inducción magnética se supondrán de forma de onda

sinusoidal y de frecuencia constante. En todo el análisis supondremos que la frecuencia es suficientemente baja para poder despreciar los efectos de las capacidades distribuidas del devanado. Esta hipótesis se hace para simplificar el estudio y fijar la atención en los principales puntos del argumento, cuales son los principios generales de la teoría de modelos aplicados a dispositivos no lineales. Sin embargo, el lector puede comprender que los efectos de las capacidades pueden hacerse muy importante» a frecuencias elevadas y que el análisis que se presenta en este capítulo debe extenderse para incluir los efectos capacitivos cuando se aplique la teoría de modelos a problemas de alta frecuencia.

Supongamos que los valores indicados a continuación con el subíndice 0 han sido observados en la bobina prototipo. Puede utilizarse cualquier sistema compatible de unidades no racionalizadas.

A_0 = área de la sección recta del material magnético en cualquier sección conveniente del núcleo

l_0 = longitud media del camino del flujo

N_0 = número de espiras del devanado

R_0 = resistencia del devanado

V_0 = tensión eficaz aplicada,

I_0 = intensidad eficaz de la corriente

P_0 = potencia media absorbida por la bobina.

A partir de estos valores medios, pueden calcularse las siguientes cantidades:

Z_{a0} = impedancia aparente de la bobina

$$= \frac{V_0}{I_0}$$

$\cos \theta_{a0}$ = factor de potencia aparente

$$= \frac{P_0}{V_0 I_0}$$

R_{a0} = resistencia aparente p

$$= Z_{a0} \cos \theta_{a0} = \frac{P_0}{I_0^2}$$

X_{a0} = reactancia aparente

$$= Z_{a0} \sin \theta_{a0} = \sqrt{Z_{a0}^2 - R_{a0}^2}$$

L_{a0} = coeficiente de autoinducción aparente

$$= \frac{X_{a0}}{\omega}$$

Muchas aplicaciones de las bobinas exigen que el cociente de la reactancia partido por la resistencia sea grande. Este cociente suele representarse por el símbolo Q y puede considerársele como un factor de calidad. En una bobina de alta Q, a la autoinducción deseada se asocia una pérdida pequeña. La Q de la bobina prototipo es

$$Q_{a0} \equiv \frac{X_{a0}}{R_{a0}} = \frac{\omega L_{a0}}{R_{a0}} = \omega T_{a0}$$

donde,

$$T_{a0} = \frac{L_{a0}}{R_{a0}} \equiv \text{constante de tiempo.}$$

Para estudiar los efectos de los cambios en el diseño deberán separarse los efectos del núcleo de los del devanado, la bobina puede representarse por un circuito equivalente que comprende la resistencia del devanado en combinación con un montaje serie o paralelo de una resistencia y una autoinducción, tal como se indica en la figura 1; en estos circuitos E_0 = tensión eficaz inducida por el flujo.

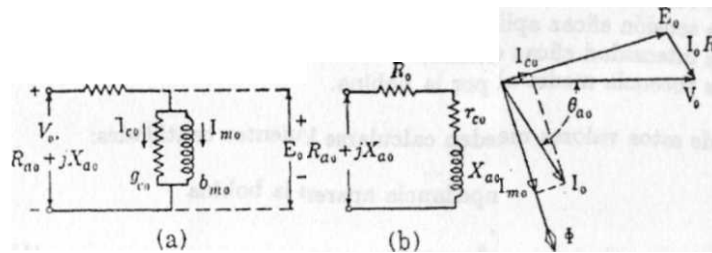


Fig. 1. Circuitos equivalentes para una bobina con núcleo de hierro

Fig. 2 Diagrama vectorial para una bobina con núcleo de hierro

En la figura 2 puede verse el diagrama vectorial, del cual resulta la ecuación vectorial

$$E_0 = V_0 - I_0 R_0$$

La pérdida en el núcleo puede determinarse a partir de la potencia de entrada medida; así,

$$P_{c0} = \text{pérdida en el núcleo} \\ = P_0 - I_0^2 R_0$$

La intensidad puede descomponerse en sus componentes de pérdida en el núcleo y magnetizante y los parámetros del circuito equivalente de la figura la pueden determinarse de la siguiente manera:

I_{c0} se componente de pérdida en el núcleo de la intensidad

$$= \frac{P_{c0}}{E_0}$$

$q_{c0} \equiv$ conductancia de pérdida en el núcleo

$$= \frac{I_{c0}}{E_0} = \frac{P_{c0}}{E_0^2}$$

$I_{m0} \equiv$ componente magnetizante de la intensidad

$$= \sqrt{I_0^2 - I_{c0}^2}$$

$b_{m0} =$ susceptancia magnetizante

$$= \frac{I_{m0}}{E_0}$$

b_{m0} es una susceptancia inductiva. En la figura 1a, la admitancia vectorial del circuito paralelo que representa los efectos del núcleo vistos desde el devanado y que de ahora en adelante llamaremos admitancia vectorial del núcleo, por lo tanto es:

$$\begin{aligned} Y_{\varphi 0} &= \text{admitancia vectorial del núcleo} \\ &= g_{c0} + jb_{m0} \end{aligned}$$

Las relaciones entre los parámetros de los circuitos equivalentes de las figuras 1.1 y 1.2 son:

$$\begin{aligned} Z_{\varphi 0} &= \text{impedancia vectorial del núcleo} \\ &= \frac{1}{Y_{\varphi 0}} \end{aligned}$$

$r_{c0} =$ resistencia equivalente serie de la pérdida en el núcleo

$=$ parte real de $Z_{\varphi 0}$

$$= \frac{g_{c0}}{g_{c0}^2 + b_{m0}^2}$$

Obsérvese que r_{c0} no es igual a $1/g_{c0}$

$X_{a0} \equiv$ reactancia equivalente serie

$=$ parte imaginaria de $Z_{\varphi 0}$

$$= \frac{-b_{m0}}{g_{c0}^2 + b_{m0}^2}$$

Las condiciones magnéticas en el núcleo son las siguientes:

λ_0 = valor eficaz del flujo alterno que atraviesa toda la bobina

$$= \frac{E_0}{\omega}$$

ϕ_0 = valor eficaz del flujo alterno a través de cada espira

$$= \frac{\lambda_0}{N_0}$$

B_0 = valor eficaz de la inducción magnética en la sección recta de área A_{s0}

$$= \frac{\phi_0}{A_{s0}}$$

F_0 = valor eficaz de la fuerza magnetomotriz

$$= 4\pi N_0 I_{m0}$$

H_0 = valor eficaz de la fuerza magnetomotriz por unidad de longitud

$$= \frac{F_0}{l_{s0}}$$

Las ecuaciones anteriores suponen que todo el flujo se halla canalizado por el núcleo y que la inducción magnética es uniforme en toda la sección recta de área A_{s0} . Si el flujo se hallara totalmente confinado en el núcleo y la inducción magnética fuera constante en todas las secciones, en todos los puntos la inducción magnética sería igual a B_0 , y la intensidad del campo magnético sería H_0 . No obstante, aun cuando la inducción magnética varíe de un punto a otro, las condiciones magnéticas en el núcleo se pueden especificar por completo en función de una B_0 media en una sección conveniente cualquiera y un H_0 medio, y

por tanto el siguiente anafe incluye los efectos de las fugas magnéticas y es aplicable a núcleos de forma arbitraria.

► A partir de los resultados obtenidos en el prototipo, puede predecirse el funcionamiento de cualquier bobina semejante geoméricamente al prototipo para condiciones de funcionamiento que den las mismas condiciones magnéticas en puntos correspondientes.

En los apartados siguientes se ilustran varias aplicaciones de estos principios.

2.1.2 Efectos de los cambios en el devanado

Consideremos a continuación una bobina con un núcleo igual al del prototipo y una bobina de igual peso y distribución geométrica, pero cuyo número de espiras sea a veces mayor, con lo que se precisará, naturalmente, un hilo más fino. La nueva bobina debe funcionar a la misma frecuencia que el prototipo. Aun cuando en el estudio que se realiza a continuación se desprecian las capacidades de las espiras, sus efectos pueden ser importantes. Un aumento del número de espiras lleva consigo aumentos de la autoinducción y de las capacidades, y por tanto se disminuye la frecuencia a la cual se hacen importantes los efectos capacitivos. Aun cuando en el prototipo puedan carecer de importancia los efectos capacitivos, podrán tenerla en la nueva bobina a la misma frecuencia si las espiras son mayores que las del prototipo. Designando con el subíndice 1 a los valores correspondientes a la nueva bobina, por semejanza

$$B_1 = B_0$$

$$H_1 = H_0$$

y como los núcleos son iguales

$$\phi_1 = \phi_0$$

$$F_1 = F_0$$

$$P_{c1} = P_{c0}$$

Pero:

$$N_1 = a N_0$$

Y por tanto, para el mismo flujo,

$$\lambda_1 = a \lambda_0$$

$$E_1 = a E_0$$

Para la misma pérdida en el núcleo

$$I_{c1} = \frac{P_{c1}}{E_1} = \frac{P_{c0}}{a E_0} = \frac{I_{c0}}{a}$$

$$g_{c1} = \frac{I_{c1}}{E_1} = \frac{I_{c0}}{a^2 E_0} = \frac{g_{c0}}{a^2}$$

Para la misma fuerza magnetomotriz pero un número de espiras a veces mayor,

$$I_{m1} = \frac{P_{m0}}{a}$$

$$b_{m1} = \frac{I_{m1}}{E_1} = - \frac{I_{m0}}{a^2 E_0} = \frac{b_{m0}}{a^2}$$

Luego, la admitancia vectorial del núcleo es:

$$Y_{\varphi 1} = g_{c1} + j b_{m1} = \frac{Y_{\varphi 0}}{a^2}$$

Luego, la impedancia del núcleo es:

$$Z_{\varphi 1} = a^2 L_{\varphi 0}$$

Y sus componentes serie resistencia y reactancia son:

$$r_{c1} = a^2 r_{c0}$$

$$X_{a1} = a^2 X_{a0}$$

Para el mismo peso de cobre e iguales disposiciones geométricas y factores espaciales de los devanados, el nuevo devanado tiene una longitud de hilo a veces mayor, si bien su sección recta deberá ser $1/a$ del área de la sección recta del hilo del prototipo. Por tanto, la resistencia del devanado de la nueva bobina es:

$$R_1 = a^2 R_0$$

Según la figura 1b, la resistencia aparente es la suma de la resistencia del devanado más la resistencia serie de pérdida en el núcleo, luego,

$$R_{a1} = R_1 + r_{c1} = a^2(R_0 + r_{c0}) = a^2 R_{a0}$$

De las ecuaciones, el factor de calidad Q_{a1} de la nueva bobina es:

$$b_{a1} = \frac{X_{a1}}{R_{a1}} = \frac{a^2 X_{a0}}{a^2 R_{a0}} = Q_{a0}$$

► Así, la bobina cuyo número de espiras sea a veces mayor, tiene una reactancia aparente a^2 veces mayor que la resistencia aparente. No obstante, la razón Q_a de la reactancia a la resistencia, es la misma que en el prototipo.

Como tanto las componentes de pérdida en el núcleo y magnetizante de la corriente son ambas $1/a$ de los valores en el prototipo, la intensidad de la corriente en la nueva bobina es:

$$I_1 = \frac{I_0}{a}$$

La pérdida en el cobre en el devanado de la nueva bobina es:

$$I_1^2 R_1 = \left(\frac{I_0}{a}\right)^2 a^2 R_0 = I_0^2 R_0$$

► Así, para una distribución geométrica fija del devanado y un peso constante del cobre, la pérdida por efecto Joule en el devanado es independiente del número de espiras mientras no se alteren las condiciones magnéticas en el núcleo.

La caída óhmica en el devanado de la nueva bobina es:

$$I_1^2 R_1 = \frac{I_0^2}{a} a^2 R_0 = a I_0^2 R_0$$

Por la ecuación, la tensión inducida E_1 es igual a aE_0 , y por tanto la tensión aplicada, que es igual a la suma vectorial de la tensión inducida y de la caída óhmica en el devanado, es

$$V_1 = aV_0.$$

► Así, para las condiciones de semejanza, la nueva bobina deberá funcionar a una tensión aplicada a veces mayor que la del prototipo. La intensidad de la corriente en la nueva bobina es $1/a$ de la intensidad en el prototipo, siendo iguales en ambas bobinas la potencia y los volt-ampere.

2.2 EFECTOS DE LOS CAMBIOS EN LAS DIMENSIONES LINEALES

Como segunda modificación, consideremos una bobina que tenga el mismo número de espiras que el prototipo, pero que tenga todas las dimensiones lineales salvo el espesor de las láminas (que permanece inalterado) k veces mayores que las del prototipo. La nueva bobina debe funcionar a la misma frecuencia que el prototipo. Si se designan por el subíndice 2 los nuevos valores, por semejanza.

$$B_2 = B_0$$

$$H_2 = H_0$$

Como el área de la sección recta del núcleo de la nueva bobina es k^2 veces mayor que la del prototipo.

$$\phi_2 = k^2 \phi_0$$

y como la longitud media del camino del flujo en la nueva bobina es (l_2) veces la del prototipo,

$$F_2 = k F_0$$

La ecuación supone que la fuerza magnetomotriz requerida por las juntas en el núcleo es proporcional a las dimensiones lineales, esta hipótesis que puede ser errónea y por tanto, la ecuación puede, no ser precisa si son importantes las juntas. El volumen del núcleo de la nueva bobina es k^3 veces mayor que el del prototipo y por tanto, para la misma frecuencia, inducción magnética y espesor de las láminas

$$P_{c2} = k^2 P_{c0}.$$

En la ecuación se desprecian los efectos de las variaciones de presión de apilamiento, corrientes de Foucault entre láminas y otras variables más o menos indeterminadas.

El número de espiras en una y otra bobina es el mismo, o sea,

$$N_2 = N_0$$

y por tanto, para un flujo $k^2\phi_0$, el flujo total que atraviesa la bobina es:

$$\lambda_2 = k^2\lambda_0$$

y la tensión inducida es:

$$E_2 = k^2E_0$$

De las ecuaciones

$$I_{c2} = \frac{P_{c2}}{E_2} = \frac{k^2 P_{c0}}{k^2 E_0} = k I_{c0}$$

$$g_{c2} = \frac{I_{c2}}{E_2} = \frac{k^2 I_{c0}}{k^2 E_0} = \frac{g_{c0}}{k}$$

Para una fuerza magnetomotriz kF_0 y el mismo número de espiras, la corriente magnetizante en la nueva bobina tiene una intensidad

$$I_{m2} = k I_{m0}$$

Y la susceptancia magnetizante es:

$$b_{m2} = \frac{I_{m2}}{E_2} = \frac{kI_{c0}}{k^2 E_0} = \frac{b_{m0}}{k}$$

Por tanto, la admitancia vectorial del núcleo es:

$$Y_{\varphi 2} = g_{c2} + jb_{m2} = \frac{Y_{\varphi 0}}{k}$$

La impedancia del núcleo es:

$$Z_{\varphi 2} = kZ_{\varphi 0}$$

y sus componentes resistiva y reactiva son:

$$r_{c2} = kr_{c0}$$

$$X_{a2} = kX_{a0}$$

Para distribuciones geométricas semejantes e iguales factores espaciales, el nuevo devanado tiene un hilo k del veces más largo, pero el área de la sección recta del hilo del nuevo devanado es k^2 veces el área de la sección recta del hilo del prototipo. Por tanto, la resistencia del devanado de la nueva bobina es:

$$R_2 = \frac{kR_0}{k^2} = \frac{R_0}{k^2}$$

La resistencia aparente es:

$$R_{a2} = R_2 + r_{c2} = \frac{R_0}{k^2} + kr_{c0}$$

El factor de calidad Q_{a2} de la nueva bobina es:

$$Q_{a2} = \frac{X_{a2}}{R_{a2}} = \frac{kX_{a0}}{\frac{R_0}{k^2} + kr_{c0}} = \frac{X_{a0}}{\frac{R_0}{k^2} + r_{c0}}$$

En la bobina k veces mayor existen diferencias fundamentales respecto al prototipo. El factor de calidad es más elevado para k mayor que la unidad.

► Así, si se hace mayor la bobina, podrá incrementarse la Q_a de una bobina de forma fija.

Obsérvese, sin embargo, que Q_a se incrementa solamente a causa de la reducción de resistencia del devanado; o sea,

$$\frac{X_{a2}}{R_{a2}} = k^2 \frac{X_{a0}}{R_0}$$

El cociente de dividir la reactancia por la resistencia serie de pérdida en el núcleo es el mismo que en el prototipo; o sea,

$$\frac{X_{a2}}{r_{c2}} = \frac{kX_{a0}}{kr_{c0}} = \frac{X_{a0}}{r_{c0}}$$

► En consecuencia, existe una limitación definida al incremento de Q_a debido únicamente al aumento de tamaño.

De las ecuaciones

$$E_{2l_{m2}} = k^3 E_{0l_{m0}}$$

Así, Para el funcionamiento a la misma frecuencia e inducción magnética, los volt-ampere reactivos necesarios para excitar la bobina k veces mayor, es igual a k^3 veces los volt-ampere requeridos por el prototipo. En cierto modo, pues, la potencia característica» de la-bobina k veces mayor es k^3 veces mayor que la del prototipo.

Resumiendo a grandes rasgos las variaciones .producidas en bobinas semejantes, resulta que al variar el número de espiras (manteniendo constante el peso del devanado) sólo varían la resistencia y la inductancia sin que varíe su cociente. En cambio, al variar el tamaño varía la constante de tiempo. Si se desea una variación de constante de tiempo sin que varíe la autoinducción, se fija la constante de tiempo variando el tamaño y a continuación una variación adecuada del número de espiras dará la autoinducción deseada.

Estas dos variaciones, de número de espiras y de tamaño, son las únicas que pueden realizarse manteniendo la bobina geoméricamente semejante al prototipo. No obstante, se podrá calcular con bastante precisión el efecto de variaciones no demasiado grandes en la altura de la pila de láminas del núcleo modificando los principios anteriores.

En el análisis anterior no se ha hecho mención a ninguna excitación continua superpuesta. Sin embargo, si se mantiene el campo magnético continuo al valor del prototipo, al igual que se mantiene el campo magnético alterno, los cambios de número de espiras o de tamaño no alteran las condiciones en el material del núcleo y se aplican las mismas relaciones de semejanza.

2.3 CONSIDERACIONES ENERGÉTICAS

El estudio de los apartados anteriores se basa en la teoría de circuitos de las bobinas con núcleo de hierro; es decir, se considera la bobina como un circuito magnético eslabonado con un circuito eléctrico. La teoría de la bobina puede también desarrollarse basándose en la teoría del campo, considerando la bobina como un campo magnético eslabonado con un campo eléctrico. Los fenómenos principales asociados al campo magnético, la mayor parte del cual se halla confinado en el núcleo, son la acumulación de energía y la conversión de energía en calor originada por las pérdidas en el núcleo. El circuito eléctrico tiene asociados fenómenos análogos debidos a la corriente y a la tensión en el devanado. Aun cuando la energía acumulada en el campo eléctrico (en las capacidades distribuidas entre espiras) puede ser muy importantes a frecuencias elevadas, en el estudio que sigue a continuación se desprecia, porque en él trataremos principalmente de los fenómenos asociados al núcleo magnético. Los campos eléctrico y magnético se relacionan mediante la ecuación de la fuerza magnetomotriz, la ecuación de la tensión inducida y las dimensiones y propiedades de los materiales del núcleo y devanados.

Muchas de las características importantes de una bobina con núcleo de hierro se pueden deducir en función de la densidad de energía acumulada en el campo magnético, de la densidad de pérdida del núcleo, de la densidad de pérdida en el

cobre y de los volúmenes del núcleo y devanados. Este concepto es especialmente útil como base para el diseño no sólo de bobinas con núcleo de hierro, sino también de la mayoría de aparatos electromagnéticos, ya que pueden realizarse amplias generalizaciones sin más que considerar las masas de los materiales que intervienen y las inducciones magnéticas y densidades de corriente a las que se hacen funcionar.

A fin de simplificar la exposición de manera que los puntos importantes destaquen con toda claridad, en el estudio que sigue se despreja la falta de linealidad de las características magnéticas del hierro. Es decir, se supone constante la permeabilidad del núcleo, con lo que el coeficiente de autoinducción queda constante y la forma de onda de la corriente de excitación para un flujo sinusoidal, es también sinusoidal. También se supone que el flujo se halla confinado totalmente en el núcleo y que éste tiene unas proporciones tales que en todo el hierro se tenga la misma inducción magnética. A pesar de estas hipótesis, sin embargo, resultará evidente que los principales resultados serán aplicables a bobinas con núcleo de hierro de forma cualquiera, y que cuando tengan importancia las fugas magnéticas y la no linealidad, sus efectos podrán determinarse a partir de medidas realizadas en un modelo. Además de los símbolos ya definidos, sean:

J	=	valor eficaz de la densidad de corriente en el devanado
ρ	=	resistividad del cobre del devanado
μ_s	=	permeabilidad del núcleo de acero
A_{cu}	=	área total de cobre en una sección del devanado
l_{mt}	=	longitud media de una espira del devanado
V_{cu}	=	volumen del cobre del devanado
V_s	=	volumen del núcleo de acero
W_{med}	=	valor medio de la energía magnética almacenada en el núcleo
W_{mcd}	=	W_{med}/V_s , energía media acumulada por unidad de volumen en el núcleo
p_c	=	P_c/V_s pérdida en el núcleo por unidad de volumen de éste.

Como la principal misión de una bobina es absorber potencia reactiva, para poder comprender claramente los fenómenos asociados al comportamiento de las bobinas con núcleo de hierro habrá que conocer la naturaleza física de la potencia reactiva. En los tratados de Electricidad se demuestra que «la potencia reactiva puede interpretarse físicamente como la amplitud de la oscilación de la potencia resultante de la componente de la intensidad de corriente que está en cuadratura con la tensión». Como esta oscilación de la potencia se debe al intercambio de energía entre el generador y el campo magnético, se deduce que la potencia reactiva está asociada con la energía magnética almacenada. La relación puede deducirse del hecho conocido de que la energía acumulada en una autoinducción constante L es $\frac{1}{2} Li^2$ cuando la intensidad instantánea de la corriente es i . Con una corriente alterna permanente, la energía acumulada varía cíclicamente entre cero y un máximo. El valor medio de la energía almacenada es

$$W_{med} = \frac{1}{2} L \times (\text{valor medio de } i^2)$$

Pero el valor medio de i^2 es el cuadrado de la intensidad eficaz, y en consecuencia.

$$W_{med} = \frac{1}{2} LI^2$$

donde I es la intensidad eficaz de la corriente. Multiplicando ambos miembros por 2ω se tiene:

$$2\omega W_{med} = \omega LI^2 = I^2 X$$

donde X es la reactancia inductiva, siendo $I^2 X$ la potencia reactiva.

► La potencia reactiva absorbida por una autoinducción constante es, pues, igual al producto de 2ω por la energía magnética media acumulada. Este concepto de la naturaleza física de la potencia reactiva en un circuito inductivo, resulta muy útil.

Se vio que la energía acumulada en un campo magnético por unidad de volumen es (empleando un sistema de unidades no racionalizado) $b^2/8\pi\mu$ donde b es el valor instantáneo de la inducción magnética y μ (supuesta constante) es la permeabilidad del medio en que existe el campo. Si la inducción magnética es alterna, la energía media acumulada por unidad de volumen es:

$$W_{med} = \frac{\text{valormediode}b^2}{8\pi\mu}$$

Pero el valor medio de b^2 es el cuadrado de su valor eficaz. Por tanto,

$$W_{med} = \frac{B^2}{8\pi\mu}$$

Donde B es la inducción magnética eficaz.

Así, si se prescinde de las fugas magnéticas, si se supone que la inducción magnética es la misma en todas las partes del núcleo y si se supone constante la permeabilidad del núcleo, la energía media acumulada en el campo magnético de una bobina es

$$W_{med} = W_{med} V_s = \frac{B^2}{8\pi\mu} V_s$$

De las ecuaciones resulta que la potencia reactiva absorbida por una con núcleo de hierro puede expresarse en la forma,

$$I^2 X_a = 2\omega W_{med} V_s$$

Donde X_a es la reactancia aparente. Pero, de la ecuación,

$$2\omega W_{med} = \frac{4\pi f B^2}{8\pi\mu s} = \frac{f B^2}{2\mu s}$$

Por consiguiente,

$$I^2 X_a = \frac{f B^2}{2\mu s} V_s$$

La ecuación presenta varios hechos importantes relativos al diseño de a ratos con núcleo de hierro. Corrientemente, la frecuencia f está especificada los requisitos de funcionamiento, el valor óptimo de la inducción magnética eficaz B está determinado por las propiedades magnéticas del núcleo (tales como saturación magnética y generación de armónicos) y la permeabilidad magnética está fijada por la inducción magnética.

► Especificadas f , B y μ_s , la potencia reactiva absorbida por una bobina es proporcional al volumen del núcleo y es independiente del diseño del devanado. Estos hechos son muy útiles en el diseño de una bobina para absorber una potencia reactiva determinada a una frecuencia dada, ya que el volumen del núcleo puede determinarse en el momento en que se seleccione el valor de la inducción magnética. Así, de la ecuación,

$$V_s = \frac{2\mu_s(\text{volt-ampere reactivos})}{fB^2}$$

Aun cuando la potencia reactiva es independiente de la disposición del devanado cuando son despreciables las fugas magnéticas, el diseño del devanado influye sobre el factor de calidad Q_a según veremos en seguida.

Según el circuito serie de la figura, el factor de calidad Q_a es:

$$Q_a = \frac{X_a}{R_a} = \frac{X_a}{R + r_c}$$

Multiplicando numerador y denominador por P queda,

$$Q_a = \frac{I^2 X_a}{I^2 R + I^2 r_c}$$

En la ecuación, $I^2 X_a$ es la potencia reactiva, $I^2 R$ es la pérdida en el cobre del devanado, e $I^2 r_c$ es la pérdida en el núcleo. Con auxilio de la ecuación, pues, podremos interpretar físicamente el factor de calidad como

$$Q_a = \frac{2\omega (\text{energía media acumulada})}{\text{pérdida en el cobre} + \text{pérdida en el núcleo}}$$

En el estudio que sigue, es conveniente utilizar la razón de pérdidas; es decir, el recíproco del factor de calidad, o sea

$$\frac{1}{Q_a} = \frac{R_a}{X_a} = \frac{\text{pérdida en el cobre} + \text{pérdida en el núcleo}}{2\omega (\text{energía media acumulada})}$$

Si se definen los factores de calidad del devanado y del núcleo, respectivamente, en la forma,

$$Q_w = \frac{X_a}{R} = \frac{I^2 X_a}{I^2 R}$$

$$= \frac{2\omega W_{med}}{\text{pérdida en el cobre}}$$

y

$$Q_c = \frac{X_a}{r_c} = \frac{I^2 X_a}{I^2 r_c}$$

$$= \frac{2\omega W_{med}}{\text{pérdida en el núcleo}}$$

Entonces, la razón de pérdidas de la bobina puede expresarse en la forma:

$$\frac{1}{Q_a} = \frac{1}{Q_w} + \frac{1}{Q_c}$$

Así, las variables que determinan los factores de calidad del devanado y del núcleo se podrán estudiar por separado y luego combinar los resultados en la forma indicada por la ecuación.

El factor de calidad del núcleo puede expresarse en la forma,

$$Q_c = \frac{2\omega W_{med} V_s}{P_c V_s} = \frac{2\omega W_{med}}{P_c}$$

donde p_c es la pérdida en el núcleo por unidad de volumen y w_{med} es la energía media acumulada por unidad de volumen. Si se especifica el espesor de las

láminas, la pérdida por unidad de volumen queda determinada por la frecuencia, inducción magnética y propiedades magnéticas del material del núcleo las mismas variables que determinan la energía acumulada por unidad de volumen. La pérdida en el núcleo por unidad de volumen es independiente del tamaño del núcleo si son despreciables las corrientes de Foucault entre láminas.

► Luego, para un espesor fijo de las láminas, el factor de calidad Q_c del núcleo queda determinado por la frecuencia y la inducción magnética y es independiente del volumen del núcleo.

En cambio, el factor de calidad del devanado depende de un cierto número de variables. La inducción magnética, la permeabilidad y la longitud media l_s del núcleo determinan la fuerza magnetomotriz que debe crear el devanado. Así,

$$4\pi NI_m = Hl_s = \frac{Bl_s}{\mu_s}$$

O sea,

$$NI_m = \frac{Bl_s}{4\pi\mu_s}$$

todo ello empleando un sistema de unidades no racionalizado. Además de la corriente magnetizante reactiva I_m , el devanado deberá transportar una corriente I_c que transporte la energía perdida en el núcleo, y como estas componentes están en cuadratura, la intensidad de la corriente resultante vendrá dada por

$$\begin{aligned} I_2 &= I_m^2 + I_c^2 = I_m^2 \left[1 + \left(\frac{I_c}{I_m} \right)^2 \right] \\ &= I_m^2 \left[1 + \left(\frac{EI_c}{EI_m} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

donde E es la tensión inducida por el flujo. Pero EI_c es la potencia perdida en el núcleo y EI_m es la potencia reactiva. En consecuencia, en la ecuación,

$$\frac{EI_c}{EI_m} = \frac{1}{Q_c}$$

y de las ecuaciones y resulta como relación entre la intensidad de la corriente total y la de su componente magnetizante

$$I = I_m \sqrt{1 + \frac{1}{Q_c^2}}$$

Multiplicando la ecuación por el número de espiras N y sustituyendo en el resultado la ecuación,

$$NI = \text{ampere} - \text{espiras} = \frac{Bl_s}{4\pi\mu_s} \sqrt{1 + \frac{1}{Q_c^2}}$$

Esta ecuación da la relación entre la fuerza magnetomotriz que debe desarrollar el devanado y las condiciones magnéticas en el núcleo.

El producto NI es igual a la intensidad de la corriente total que enlaza el circuito magnético. No obstante, en el análisis que sigue no es necesario considerar el número de espiras, ya que la fuerza magnetomotriz puede considerarse como el resultado de una capa de corriente de intensidad NI, más bien que como el resultado de la corriente de intensidad I circulando por N espiras. Esta capa de corriente puede expresarse convenientemente en función de la densidad de corriente J y del área total A_{cu} cobre en una sección del devanado; así,

$$NI = \text{ampere-espiras} = JA_{cu}.$$

La pérdida en el cobre puede expresarse en función de la densidad de corriente, así,

$$\text{Pérdida en el cobre} = J^2 \partial V_{cu}$$

La ecuación es la expresión general de la pérdida en el cobre en un volumen V_{cu} de cobre de resistividad ρ por el que circula una corriente de densidad J . La densidad de corriente puede expresarse en función de la capa de corriente $J A_{cu}$; así,

$$J = \frac{J A_{cu}}{A_{cu}} = \frac{\text{ampere} - \text{espiras}}{A_{cu}}$$

El volumen de cobre puede expresarse en la forma,

$$V_{cu} = l_{mt} A_{cu},$$

donde l_{mt} , es la longitud media de una espira. Sustituyendo en la ecuación, se tiene,

$$\begin{aligned} \text{Pérdida en el cobre} &= \left(\frac{\text{ampere} - \text{espiras}}{A_{cu}} \right)^2 \partial l_{mt} A_{cu} \\ &= (\text{ampere} - \text{espiras})^2 \frac{\partial l_{mt}}{A_{cu}} \end{aligned}$$

Obsérvese que $\partial l_{mt} / A_{cu}$ es la resistencia de una tira maciza de cobre de longitud l_{mt} y sección recta de área A_{cu} .

Si se sustituye la ecuación, la pérdida en el cobre podrá expresarse en función de las condiciones magnéticas del núcleo; así,

$$\text{Pérdida en el cobre} = \left(1 + \frac{1}{Q_c^2} \right) \left(\frac{B l_s}{4\pi \mu_2} \right)^2 \frac{\partial l_{mt}}{A_{cu}}$$

El factor de calidad del devanado podrá expresarse en la forma:

$$Q_d = \frac{\text{potencia reactiva}}{\text{pérdida en el cobre}}$$

Y, de las ecuaciones

$$Q_d = \frac{\frac{f B_s}{2\mu_2} A_s l_s}{\left(1 + \frac{1}{Q_c^2} \right) \frac{B^2 l_s^2}{16\pi^2 \mu_s^2} \frac{\partial l_{mt}}{A_{cu}}}$$

Obsérvese que en la ecuación

$$\frac{\mu_s A_s}{l_s}$$

Es la permeancia del núcleo, y

$$\frac{A_{cu}}{\partial l_{mt}}$$

Es la conductancia de una tira maciza de longitud l_{mt} y sección recta de área A_{cu} .

La ecuación indica que el factor de calidad Q_d del devanado depende de las dimensiones del núcleo y devanados. Es independiente del número de espiras m devanado.

Aun cuando en la ecuación no aparece explícitamente la inducción magnética, μ_s y Q_c están determinadas por ella y por tanto Q_d está influido por las condiciones magnéticas del núcleo. Según la ecuación, la mejor disposición geométrica para una bobina de Q grande sería aquella para la cual las razones área: longitud para el camino del flujo y para el de la corriente fueran ambas lo mayores posible. Para una forma fija de bobina, la multiplicación por k de todas las dimensiones lineales lleva consigo la multiplicación de las razones A/l por el factor k^2/k es decir, k , con lo que Q_d quedaría multiplicado por k^2 .

► Así, según se indicó en el apartado 3, aumentando el tamaño puede asegurarse un factor de calidad Q_d más elevado para el devanado de una forma dada cualquiera. En cambio, el factor de calidad Q_c del núcleo depende únicamente de las condiciones magnéticas del núcleo y es independiente del volumen y disposición del material magnético. Fijadas B y f , Q_c no varía al aumentar el tamaño. Por tanto, el factor de calidad Q_c del núcleo puede convertirse en la característica limitadora al determinar el factor de calidad combinado Q_a de la bobina.

2.3.1 Efectos de un entrehierro

La inserción de un entrehierro en el circuito magnético de una bobina con núcleo de hierro altera las características de la bobina de diversas maneras. Salvo para las bobinas sometidas a campos magnéticos continuo y alterno superpuestos, la inserción origina una disminución de autoinducción. En cambio, si la bobina funciona con campos magnéticos alterno y continuo superpuestos, la inserción de un pequeño entrehierro puede ocasionar un aumento de la permeabilidad incremental a causa de la disminución de la componente unidireccional del flujo. El entrehierro reduce también los efectos de las características magnéticas no lineales del núcleo. Así, pues, la inserción del entrehierro hace que el coeficiente de autoinducción se haga constante ante las variaciones de inducción magnética, y también origina una reducción de la distorsión por armónicos. Otro efecto de la inserción de un entrehierro es una variación del factor de calidad de la bobina. Según veremos, la inserción incrementa el factor de calidad del circuito magnético, pero hace disminuir el factor de calidad del devanado.

a) Reducción de los efectos no lineales por medio de un entrehierro.

En el diseño de bobinas con núcleo de hierro que deban funcionar en un amplio dominio de inducciones magnéticas surge frecuentemente el problema de determinar la longitud del entrehierro que hay que insertar en el núcleo para reducir las variaciones de coeficiente de autoinducción de manera que queden comprendidas dentro de las tolerancias especificadas. En el análisis siguiente se supone que el flujo y la intensidad de la corriente tienen formas de onda sinusoidales y que la componente de las pérdidas en el núcleo de la corriente es tan pequeña frente a la componente magnetizante que la intensidad de la corriente total es prácticamente igual a la de su componente magnetizante. El coeficiente de autoinducción L puede, pues, expresarse en la forma,

$$\begin{aligned} L &= \frac{N\Phi}{I} = \frac{4\pi N^2 \Phi}{4\pi NI} \\ &= 4\pi N^2 \frac{\Phi}{F'} \end{aligned}$$

donde ϕ es el valor del flujo y F el valor eficaz de la fuerza magnetomotriz. Ahora bien, F/ϕ es la reluctancia R del circuito magnético, de donde,

$$L = \frac{4\pi N^2}{R}$$

La reluctancia R es la combinación serie de las reluctancias del camino en el acero - en el entrehierro, o sea,

$$R = R_s + R_a = \frac{L_s}{\mu_s A_s} + \frac{L_a}{\mu_a A_a}$$

donde el subíndice s se refiere al acero y el a al aire (entrehierro).

Cuando se varía la inducción magnética, también varía el coeficiente de autoinducción a causa de las variaciones de permeabilidad del acero. Para un determinado dominio de inducciones magnéticas se conocen los valores máximo y mínimo de la permeabilidad y por tanto la variación máxima de coeficiente de autoinducción en este dominio de inducciones magnéticas es:

$$\begin{aligned} \Delta L &= 4\pi N^2 \left(\frac{1}{R_{\min}} - \frac{1}{R_{\max}} \right) \\ &= 4\pi N^2 \left(\frac{R_{\max} - R_{\min}}{R_{\max} R_{\min}} \right) \end{aligned}$$

donde R_{\max} y R_{\min} son los valores máximo y mínimo de la reluctancia. si la mayor parte de la reluctancia corresponde al entrehierro,

$$R_{\max} R_{\min} \approx R_a^2$$

y por tanto,

$$\Delta L \approx 4\pi N^2 \left(\frac{R_{\max} - R_{\min}}{R_a^2} \right)$$

Una expresión aproximada del coeficiente de autoinducción es:

$$L \approx \frac{4\pi N^2}{R_a}$$

Luego, la variación fraccional máxima de coeficiente de autoinducción para el dominio especificado de inducciones magnéticas resulta ser, por división de la ecuación

$$\begin{aligned} \frac{\Delta L}{L} &\approx \frac{R_{\max} - R_{\min}}{R_a} \\ &\approx \frac{\frac{l_s}{A_s} \left(\frac{1}{\mu_{s \min}} - \frac{1}{\mu_{s \max}} \right)}{\frac{l_a}{\mu_a A_a}} \\ &\approx \frac{l_s}{A_a} \frac{A_a}{A_s} \left(\frac{\mu_a}{\mu_{s \min}} - \frac{\mu_a}{\mu_{s \max}} \right) \\ &\approx \frac{l_s}{A_a} \frac{A_a}{A_s} \frac{\mu_a}{\mu_{s \min}} \left(1 - \frac{\mu_{s \min}}{\mu_{s \max}} \right) \end{aligned}$$

donde $\mu_{s \min}$ son los valores máximo y, mínimo de la permeabilidad del acero en el dominio de inducciones magnéticas mencionado.

La ecuación sugiere un método de ataque del problema de diseñar una bobina cuyo coeficiente de autoinducción no deba variar en más de una cantidad determinada al variar las condiciones de funcionamiento. Así, si es δ la tolerancia de la variación unitaria de coeficiente de autoinducción,

$$\delta = \frac{\Delta L}{L}$$

y en virtud de la ecuación la razón de la longitud de entrehierro a la longitud del camino en el acero puede expresarse en función de δ en la forma,

$$\frac{l_a}{l_s} = \frac{1}{\delta} \frac{A_a}{A_s} \frac{\mu_a}{\mu_{s \min}} \left(1 - \frac{\mu_{s \min}}{\mu_{s \max}} \right)$$

Corrientemente, la primera etapa del diseño consiste en elegir el dominio de inducciones magnéticas para el funcionamiento. Hecho esto pueden determinarse $\mu_s \max$. La razón de las áreas A_a/A_s de la ecuación se puede estimar suponiendo un factor de apilamiento y una corrección para la dispersión. El valor mínimo del cociente l_a/l_t , necesario para satisfacer la tolerancia específica δ se puede calcular entonces a partir de la ecuación.

b) Efectos de un entrehierro sobre el factor de calidad.

Consideremos los efectos que produce la variación de longitud de un entrehierro en el circuito magnético de una bobina determinada. La razón de pérdida de la bobina podrá expresarse en la forma,

$$\begin{aligned} \text{Razón de pérdidas} &= \frac{1}{Q_a} = \frac{\text{pérdida en el núcleo} + \text{pérdida en el cobre}}{\text{volt} - \text{ampere reactivos}} \\ &= \frac{P_c + I^2 R}{E I_m} \\ &= \frac{P_c + I_c^2 R + I_m^2 R}{E I_m} \end{aligned}$$

donde,

P_c \equiv pérdida en el núcleo,

E \equiv tensión eficaz inducida,

I \equiv intensidad eficaz igual a $\sqrt{I_c^2 + I_m^2}$

I_c \equiv intensidad eficaz de la componente de pérdida en el núcleo,

I_m \equiv intensidad eficaz de la componente magnetizante de la corriente,

R \equiv resistencia del devanado.

Mantengamos constante la frecuencia y el valor eficaz del flujo (ajustando la tensión aplicada al variar el entrehierro), y supongamos que la forma de onda del flujo es sinusoidal; despreciemos también los efectos de las variaciones de las fugas magnéticas ocasionados por las variaciones de longitud del entrehierro. Con estas hipótesis, el valor eficaz de la inducción magnética en el núcleo es

constante. La pérdida en el núcleo P_c y la tensión inducida E son, por tanto, constantes. Como

$$I_c = \frac{P_c}{E}$$

la intensidad de la corriente de pérdida en el núcleo I_c es también constante. Luego, en la ecuación solamente queda afectada por las variaciones de longitud del entrehierro la intensidad I_m de la corriente reactiva magnetizante. Esta deberá ajustarse por sí misma para crear el mismo flujo a pesar de las variaciones de reluctancia debidas a las variaciones en el entrehierro.

La ecuación indica que la razón de pérdidas se halla afectada de dos maneras. El primer efecto producido por el aumento de longitud del entrehierro es una mejora del factor de calidad Q_c del circuito magnético. Así, la razón de pérdidas del circuito magnético (incluido el entrehierro) es

$$\frac{I}{Q_c} = \frac{P_c}{EI_m}$$

y por tanto la intensificación de la corriente magnetizante hace disminuir la razón de pérdidas; es decir, mejora la Q_c . Podía esperarse este resultado porque se producen pérdidas en el núcleo cuando se almacena energía pulsante en el hierro, pero no hay pérdidas cuando se almacena en el aire. La manera de incrementar Q_c es, pues, acumular más energía en el aire; en otras palabras, insertar un entrehierro en el circuito magnético o incrementar la longitud del existente. Por otra parte, el segundo efecto de intensificar la corriente magnetizante es una reducción del factor de calidad Q_d del devanado. La razón de pérdidas del devanado es:

$$\frac{I}{Q_d} = \frac{I^2 R}{EI_m} = \frac{I_c^2 + I_m^2 R}{EI_m}$$

y como la intensidad I_m de la corriente magnetizante suele ser considerablemente mayor que la I_c de las pérdidas en el núcleo, la pérdida en el

cobre es aproximadamente proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente magnetizante. Así, cuando se intensifica la corriente magnetizante alargando el entrehierro, la pérdida en el cobre aumenta más que la potencia reactiva. Por tanto, la razón de pérdida devanado aumenta y el factor de calidad Q_d disminuye al incrementar la longitud del entrehierro.

La razón de pérdidas de la bobina es la suma de las razones de pérdidas del circuito magnético y del devanado, una de las cuales disminuye mientras la otra aumenta al aumentar la longitud del entrehierro. ¿Hasta cuánto se intensificará la corriente magnetizante al insertar un entrehierro cuando se desea una razón de todas total mínima? De la ecuación,

$$\text{Razón de pérdidas total} = \frac{P_c + I_c^2 R}{EI_m} + \frac{RI_m}{E}$$

Y si son constantes la frecuencia y la inducción magnética, la única variable existente 0 varía la longitud del entrehierro es I_m . Para determinar el valor de I_m que da una razón de pérdidas mínima, se deriva la ecuación entonces así, se obtiene una relación mucho mas sencilla

$$0 = -\frac{P_c + I_c^2 R}{EI_m^2} + \frac{R}{E}$$

o sea,

$$I_m^2 R = P_c + I_c^2 R$$

Por tanto, si se mantienen constantes la frecuencia y el valor eficaz de la inducción magnética se obtendrá la razón de pérdidas mínima cuando se ajuste la longitud del entrehierro, de manera que la pérdida en el cobre debida a la corriente magnetizante sea igual a la suma de la pérdida en el núcleo más la pérdida en el cobre debida a la corriente correspondiente a las pérdidas en el núcleo.

2.4 TEORÍA DE MODELOS APLICADA A REDES

En muchas aplicaciones de elementos de circuito no lineales a las redes hay que tener en cuenta los efectos del elemento no lineal sobre la red total. En muchos circuitos de mando que utilizan elementos no lineales; por ejemplo, la no linealidad es quien crea la acción deseada del circuito. Una aplicación útil de la teoría de modelos se halla en el diseño de redes no lineales que deban tener, por ejemplo, valores determinados de la tensión y la intensidad y deban comportarse respecto al tiempo de una manera determinada. La tensión, intensidad y constantes de tiempo de la red buscada pueden ser grandes y el aparato, por tanto, caro. Se puede, sin embargo, construir un prototipo de disposición semejante a la de la red buscada, pero que tenga tensión, intensidad y constantes de tiempo menores y ajustarlo hasta que tenga las características adecuadas. Entonces podrá construirse la red deseada sin más que cambiar de escala las dimensiones y parámetros. Supongamos que se ha construido la red prototipo y se ha ajustado de manera que se comporte de la manera deseada. Hay que diseñar una nueva red que se comporte en forma análoga, pero habrá que realizar los siguientes cambios de escala:

1. Los intervalos de tiempo entre sucesos en la red derivada deben ser k , veces mayores que los intervalos correspondientes en el prototipo.
2. Todas las tensiones de la red derivada deben ser k_v veces mayores que en el prototipo.
3. Todas las corrientes en la red derivada deben ser k_i veces más intensas.

Los factores de escala k_v , k_i y k_t pueden elegirse arbitrariamente. ¿Qué variaciones deben realizarse en los parámetros del circuito y en el diseño de la bobina para que la red derivada se comporte semejantemente a la red prototipo? Esta pregunta puede contestarse por comparación de las ecuaciones diferenciales de las ramas correspondientes de las dos redes I , tal como se indica en el análisis siguiente.

a) Relaciones entre las variables.

Consideremos, en primer lugar, los efectos los factores de escala sobre las relaciones entre las variables de ambas redes. Sean

- t ≡ tiempo,
- e_s ≡ fuerza electromotriz instantánea del generador,
- v ≡ caída instantánea de tensión en una rama del circuito,
- i ≡ intensidad instantánea de la corriente
- q ≡ carga instantánea.

Designemos con el subíndice 0 a los valores pertenecientes al prototipo y con el subíndice 3 los pertenecientes a la red derivada. Las variables y parámetros de ambas redes se expresarán en el mismo sistema de unidades. De acuerdo con el factor de escala, se tendrán instantes de tiempo correspondientes cuando

$$t_3 = k_t t_0$$

Los tiempos se miden a partir de puntos de referencia cuando en las dos redes tengan lugar sucesos correspondientes —por ejemplo, cuando se cierran interruptores correspondientes—. De acuerdo con los factores de escala para tensión e intensidad, en instantes de tiempos correspondientes

$$e_{s3}(t_3) = k_v e_{s0}(t_0)$$

$$v_3(t_3) = k_v v_0(t_0)$$

$$i_3(t_3) = k_i i_0(t_0)$$

La relación entre valores instantáneos correspondientes de las cargas y de las velocidades de variación de las intensidades correspondientes en ambos circuitos puede determinarse ahora a partir de las ecuaciones. Derivando la ecuación,

$$\frac{dt_3}{dt_0} = k_t$$

O sea,

$$dt_3 = k_t dt_0$$

Y derivando la ecuación

$$\frac{di_3}{di_0} = k_t$$

O sea,

$$di_3 = k_t di_0$$

En las ecuaciones y siguientes se omite la notación funcional, entendiéndose que los símbolos de las variables significan sus valores en instantes correspondientes de tiempo dados por la ecuación. Las ecuaciones indican que un incremento de tiempo dt_0 en el prototipo corresponde en la red derivada a un incremento de tiempo dt_3 que es k_t veces mayor que el incremento correspondiente dt_0 en el prototipo. La derivada respecto al tiempo de la intensidad en el prototipo se puede expresar en la forma,

$$\frac{di_3}{dt_3} = \frac{di_0}{dt_0} \frac{di_3}{dt_0} \frac{dt_0}{dt_3}$$

y sustituyendo en la ecuación las ecuaciones

$$\frac{di_3}{dt_3} = \frac{k_i}{k_t} \frac{di_0}{dt_0}$$

► En instantes correspondientes de tiempo, la velocidad de variación de la intensidad de la corriente en la red derivada es k_i/k_t , veces mayor que en el prototipo, porque el incremento de la intensidad es k_t veces mayor y el incremento de tiempo lo es k_t veces.

La carga en la red derivada es:

$$q_3 = \int i_3 dt_3$$

En donde $\int i_3 dt_3$ significa $\int_0^{t_3} i_3 dt_3 + q_3(0)$, siendo $q_3(0)$ la carga en el instante en que t_3 es igual a 0. Si se expresa i_3 en función del valor correspondiente de i_0 y dt_3 en función de dt_0 , la ecuación queda en la forma,

$$q_3 = k_i k_t \int i_0 dt_0 = k_i k_t q_0$$

► La carga en la red derivada es $k_i k_t$ veces mayor que la carga instantánea correspondiente en el prototipo, porque la intensidad de la corriente es k_i veces mayor y dicha intensidad dura un tiempo k_t veces mayor.

b) Relaciones entre los parámetros lineales correspondientes.

Podemos determinar ahora las relaciones entre parámetros correspondientes en las partes lineales de ambas redes comparando las ecuaciones de la tensión de dos ramas correspondientes. Así, para la red derivada tendríamos la ecuación de una rama

$$v_3 = L_3 \frac{di_3}{dt_3} + R_3 i_3 + \frac{q_3}{C_3}$$

y para el prototipo en el instante correspondiente de tiempo

$$v_0 = L_0 \frac{di_0}{dt_0} + R_0 i_0 + \frac{q_0}{C_0}$$

donde L , C y R son parámetros lineales. Multiplicando la ecuación por k_3 y expresando las variables en función de las variables correspondientes en la red derivada según indican las ecuaciones, se convierte en

$$k_v v_0 = v_0 = \frac{k_v k_t}{k_l} L_0 \frac{di_3}{dt_3} + \frac{k_v}{k_l} R_0 i_3 + \frac{k_v}{k_l k_t} q_0$$

Comparando las ecuaciones puede verse que los coeficientes de los términos correspondientes de las dos ecuaciones diferenciales deben ser iguales. En condiciones análogas con los factores de escala deseados para tiempo, tensión

e intensidad, las relaciones entre los parámetros correspondientes en las partes lineales de ambas redes deberán ser, pues,

$$L_3 = \frac{k_v k_t}{k_t} L_0$$

$$R_3 = \frac{k_v}{k_t} R_0$$

$$C_3 = \frac{k_l k_t}{k_v} C_0$$

Obsérvese que

$$\frac{L_3}{R_3} = k_t \frac{L_0}{R_0}$$

y

$$R_3 C_3 = k_t R_0 C_0$$

Es decir, las constantes de tiempo del circuito derivado son k_t veces mayores que las Constantes de tiempo correspondientes del prototipo.

c) Relaciones entre las bobinas prototipo y derivada.

Si quiere mantenerse una semejanza geométrica estricta entre la bobina derivada y el prototipo pueden realizarse dos variaciones: número de espiras y tamaño. En vez de restringir el análisis a bobinas semejantes geométricamente en el análisis siguiente se supone que pueden desprejarse las fugas magnéticas. El método de análisis que presentamos no hace más que ilustrar una línea de razonamiento que puede aplicarse ante varias hipótesis. La hipótesis de ausencia de fugas permite variar el área de la sección recta del núcleo independientemente de su longitud, sometiéndola a las siguientes restricciones cuando el área de la sección recta no es la misma a lo largo de todo el núcleo: Primero, las áreas de las secciones rectas, si varían, deben variar

todas en la misma razón; segundo, las longitudes de las partes del núcleo, si varían, deben variar todas en la misma razón. No obstante, las razones de las áreas y de las longitudes pueden ser diferentes. Este enunciado incluye cualquier entrehierro que pueda haber en el circuito magnético.

La condición que no puede alterarse, si deben mantenerse las relaciones de semejanza entre la bobina derivada y el prototipo, es que las condiciones de B y H deban ser iguales en puntos correspondientes de los dos núcleos. Así, si

b \equiv inducción magnética instantánea,

h \equiv intensidad instantánea del campo magnético,

se tiene,

$$b_3(t_3) = b_0(t_0)$$

$$h_3(t_3) = h_0(t_0)$$

Las tensiones inducidas en las bobinas en instantes correspondientes son

$$e_3 = N_3 A_3 \frac{db_3}{dt_3}$$

$$e_0 = N_0 A_0 \frac{db_0}{dt_0}$$

donde N es el número de espiras y A el área de la sección recta en el punto en que la inducción magnética es b. De acuerdo con la escala de tensiones deseada, la tensión inducida en la bobina derivada debe ser k_v veces la tensión inducida en el prototipo en los instantes correspondientes, y, por tanto, dividiendo miembro a miembro las ecuaciones se tiene,

$$\frac{e_3}{e_0} = k_v = \frac{N_3 A_3 db_3/dt_3}{N_0 A_0 db_0/dt_0}$$

Pero como b_3 es igual a b_0 , el cociente de las derivadas de la ecuación es:

$$\frac{db_3/dt_3}{db_0/dt_0} = \frac{db_0}{dt_3} = \frac{1}{k_t}$$

En consecuencia, la ecuación queda en la forma,

$$k_v = \frac{N_3 A_3}{k_t N_0 A_0}$$

O sea,

$$N_3 A_3 = k_v k_t N_0 A_0$$

► Para mantener las mismas condiciones de B y H en el núcleo, el producto espiras-área $N_3 A_3$ de la bobina derivada debe ser igual al producto de $k_v k_t$ por el producto espiras-área $N_0 A_0$ del prototipo, porque la tensión en la bobina derivada es k_v veces mayor y la velocidad de variación de la inducción magnética es k_t veces mayor.

También debe variarse el diseño de la bobina de manera que para las mismas condiciones de B y H la intensidad de la corriente se halle afectada por el factor de escala de intensidades k_i . Las relaciones entre las intensidades de las corrientes y de los campos magnéticos en ambas bobinas son:

$$4\pi N_3 i_3 = h_3 l_3$$

$$4\pi N_0 i_0 = h_0 l_0$$

Donde l es la longitud del núcleo. Dividiendo miembro a miembro las ecuaciones

$$\frac{N_3 i_3}{N_0 i_0} = \frac{h_3 l_3}{h_0 l_0}$$

Pero para instantes correspondientes, h_3 es igual a h_0 de la escala de intensidades,

$$\frac{i_3}{i_0} = k_i$$

Por tanto, la ecuación (158) se reduce a

$$k_i \frac{N_3}{N_0} = \frac{l_3}{l_0}$$

O sea,

$$\frac{l_3}{N_3} = k_i \frac{l_0}{N_0}$$

► Para mantener en el núcleo las mismas condiciones de B y H, la razón longitud-espiras l_3/N_3 de la bobina derivada debe ser igual al producto de k_i por la razón longitud-espiras l_0/N_0 del prototipo cuando la intensidad de la corriente es k_i veces mayor.

En el diseño de una bobina pueden realizarse tres cambios: en el número de espiras N, en la longitud del núcleo l, y en el área de la sección recta del núcleo A. Pero sólo deberán satisfacerse para estos cambios las dos condiciones expresadas por las ecuaciones y para tener las mismas condiciones de B y H en tiempos correspondientes y con factores de escala para tiempo, tensión e intensidad especificados. Por tanto, habrá que elegir arbitrariamente una condición adicional -por ejemplo, mantener constante el número de espiras. El cambio de tensión podría ponerse de manifiesto alterando el área de la sección recta del núcleo como en la ecuación, y el cambio de intensidad de corriente alterando la longitud del núcleo como en la ecuación.

Vale la pena anotar las relaciones entre las energías acumuladas en los dos sistemas. Puede demostrarse que la razón de la energía W_3 a la W_0 es:

$$\begin{aligned} \frac{W_3}{W_0} &= \frac{\frac{1}{2} C_3 v_3^2}{\frac{1}{2} C_0 v_0^2} = \frac{\frac{1}{2} L_3 i_3^2}{\frac{1}{2} L_0 i_0^2} \\ &= \frac{\text{volumen del núcleo 3}}{\text{volumen del núcleo 0}} \end{aligned}$$

En las ecuaciones se halla implícita una restricción que pudiera no ser evidente. La relación $B(H)$ debe ser la misma en el prototipo y en la bobina derivada. Luego, la característica $B(H)$ verdadera, incluido el efecto de las corrientes de Foucault, debe ser la misma para ambas. Si se cambia la escala de tiempos se alteran los efectos de las corrientes de Foucault y por tanto la característica $B(H)$ de una bobina no será igual a la de la otra, a menos que al mismo tiempo se cambie en forma adecuada el espesor de las láminas. En la práctica, esta restricción tendrá poca importancia por lo general, pero debemos señalarla para evitar las dificultades que pudieran presentarse en casos poco corrientes.

A veces podrán surgir dificultades porque las constantes de tiempo de aparatos inductivos pequeños son inherentemente menores que las de los aparatos grandes, a menos que se emplee un valor adecuado de k_t .

El concepto de circuitos no lineales semejantes es muy importante y tiene muchas aplicaciones prácticas a problemas que podrían ser muy difíciles, económica o analíticamente, de resolver sin él. Siempre que se tengan que desarrollar o diseñar aparatos no lineales de cualquier clase, eléctricos o no, habrá que tener en cuenta el método de los modelos.

2.5 BOBINAS CON NÚCLEOS TOROIDALES

Los inductores Toroidales son solenoides de alto rendimiento, definimos como solenoide 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.

Las bobinas con núcleos 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.

2.5.1 Características de un inductor con núcleo toroidal

Un inductor con núcleo 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 toroide tenga, es decir que el campo magnético disminuye a medida que crece el diámetro del núcleo.

Los inductores con bobinas toroidales superan en muchos campos de aplicación a los clásicos con núcleos EI, lo que hace más eficientes a los circuitos magnéticos con núcleos toroidales 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.

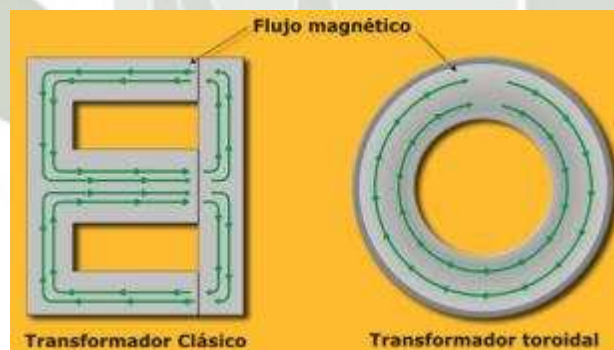


Fig. 3 Trayectoria del flujo magnético en dos tipos de núcleos

En cambio en los núcleos de tipo EI, 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 inductores clásicos la pérdida del flujo magnético es mayor, sobre todo en la unión de las chapas, lo que no ocurre en los toroidales.

Otra gran ventaja que presentan los núcleos toroidales, es su baja altura que

permite ser instalado en sitios donde no cabría un inductor 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.

No obstante no todo es ventaja, 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 una bobina sobre un núcleo toroidal, el alambre debe pasar a través de una dona, por tanto, se debe calcular primero el largo del alambre para que no falte; no se deben hacer empalmes o traslapes sobre todo en el devanado primario. Otra desventaja de los toroidales es lo complicado que puede ser encontrar núcleos nuevos de las dimensiones que uno desearía.

CAPITULO III

DISEÑO Y ENSAYOS DEL INDUCTOR BÁSICO, COMPONENTE DE LA DÉCADA DE INDUCTANCIAS

3.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO DE LA DÉCADA DE INDUCTANCIAS

Antes de iniciar con los cálculos de diseño de la década de inductancias en proyecto, es conveniente hacer notar que la década en total consta de 06 inductores independientes, los cuales podrán conectarse de acuerdo a las necesidades de la práctica o ensayo de laboratorio, pudiendo ser estas conectadas en serie, paralelo, mixta, delta y estrella. Motivo por el cual los cálculos detallados de ingeniería, se efectúan para un solo inductor tomando en cuenta que los seis inductores son de características similares, siendo por lo tanto equivalentes tanto física como eléctricamente.

- Potencia $\rightarrow S = 2000 \text{ VA}$.
- Tensión $\rightarrow E = 220\text{V}$.
- Conexión : A determinar y de acuerdo a la práctica o ensayo de laboratorio
- Frecuencia : 60 Hz
- Tipo : Década de inductancias en seco y refrigeración natural

3.2. CALCULO DE TENSIÓN Y CORRIENTE EN LA BOBINA

A continuación se calculara la corriente circulante

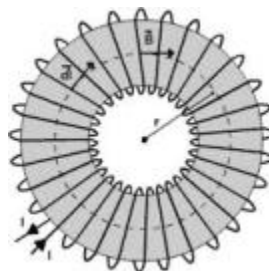


Fig.4 Tensión y corriente en la bobina

- Potencia= 2000 VA.
- Corriente máxima de salida es $2000VA / 220 V. = 9.09 \text{ Amp.}$

3.3. CALCULO DEL NUCLEO TOROIDAL Y LA BOBINA

Para las bobinas, siempre existen pérdidas en el núcleo, son pequeñas pero debido a que trabajan en el laboratorio, para tales casos la relación de pérdida en el núcleo transformadores de distribución deberá haber una pérdida en el núcleo, tan pequeña como sea posible debido a que trabajan con cargas ligeras la mayor parte del día y a carga plena solo unas pocas horas. Para tales transformadores, la relación de pérdida en el núcleo a la pérdida en el cobre será.

$$\frac{\Delta P_{FE}}{\Delta P_{CU}} = 0.3 \text{ a } 0.70$$

ΔP_{FE} = pérdidas en el núcleo.

ΔP_{CU} = pérdidas en el cobre

Considerando que la bobina que se está diseñando El autotransformador trifásico variable a construir funcionara en un laboratorio de ensayos por lo que es posible que trabaje a potencia máxima por tiempos considerables por lo que se tomara una relación:

$$\frac{\Delta P_{FE}}{\Delta P_{ai}} = 0.90$$

3.4. PERDIDAS EN EL NÚCLEO TOROIDAL DE HIERRO:

Según datos de fabricante, se utilizara núcleo de hierro-silicoso de grano no orientado de 1.3 tesla (13000 Gauss) y 0.35 mm de espesor de chapa y 3.8W/kg de pérdidas.

$$W_{FE} = 3.8 \text{ W/ kgr}$$

Perdidas en el cobre: Se considerara una densidad de corriente (J) de 3.5 A/mm² en vista que la bobina del inductor estará compuesto por una sola capa, y como trabajara en seco estará convenientemente ventilado, por lo tanto.

$$W_w = 2.37 * J^2 * K_i^1$$

Donde:

W_w = perdidas en el cobre por Kg..

2.37= constante que toma consideraciones las pérdidas del cobre a 75°C de sobrecalentamiento.

J = densidad de corriente.

K_i = factor de perdidas= 1.10

$$W_{cu} = 2.37 * 4^2 * 1.10 = 41.7 \text{ w/kgr.}$$

Relación de pérdidas de potencia

$$\frac{G_{fe}}{G_{cu}} = \frac{W_w * \Delta P_{fe}}{W_{fe} \Delta P_{cu}}$$

$$\frac{G_{fe}}{G_{cu}} = \frac{41.7}{3.8} * 0.9 = 9.87$$

Donde:

G_{fe} = peso total del núcleo de fierro.

G_{cu} = peso total del cobre.

¹Fuente: "Diseño de Aparatos Eléctricos" de John H. Kuhlmann

3.5. CALCULO DE LA SECCIÓN NETA DEL NÚCLEO TOROIDAL

$$^2 A_n = C \sqrt{\frac{KVA \cdot (G_{fe}/G_{cu}) \cdot 10^{11}}{B_{net} \cdot J \cdot f}}$$

Donde:

- C= constante en función del tipo de núcleo

Tipo	C
Tipo de núcleo de columnas	0.0298 a 0.0498
Tipo de núcleo monofásico acorazado	0.0798 a 0.0995
Tipo de núcleo toroidal	0.0325 a 0.047

- KVA= potencia del inductor diseñado como reactor (transformador de una sola bobina)
- Bnet= máxima densidad del flujo magnético en el núcleo según el tipo y calidad del material
- J= densidad de corriente en Amp/mm²
- F = frecuencia de la red en Hz.

$$A_n = 0.047 \times \sqrt{\frac{2 \times 9.87 \times 10^{11}}{13000 \times 3.5 \times 60}}$$

$A_n = 40.00 \text{ cm}^2$ de área o sección neta del núcleo toroidal

² Fuente: "Diseño de Aparatos Eléctricos" de John H. Kuhlmann

Tomando en consideración las múltiples ventajas que presentan los núcleos de hierro toroidal es frente a los núcleos EI, a continuación determinaremos las características del mismo.

3.5.1 Determinación de las características del núcleo toroidal

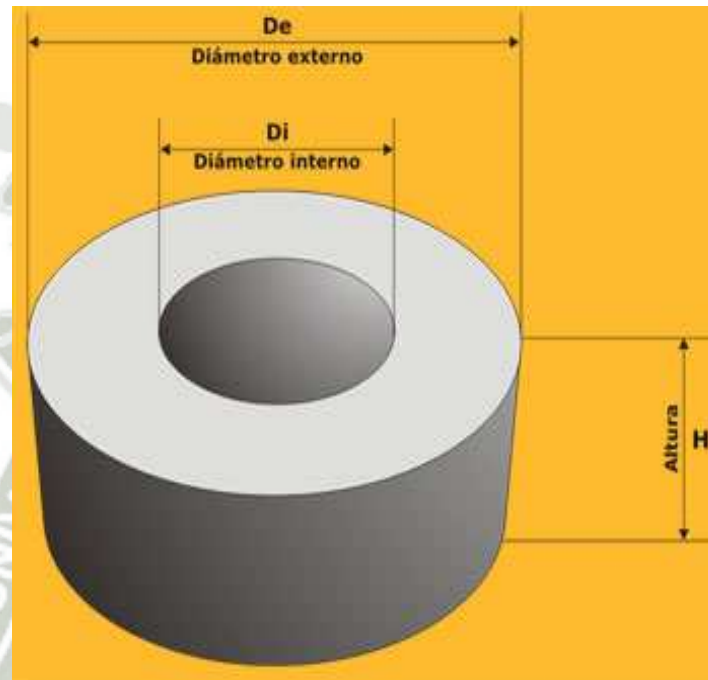


Fig. 5 Núcleo toroidal en diseño

Considerando que para manufacturar el núcleo toroidal emplearemos fleje de acero silicoso de una altura estandarizada de 100 mm.

Si el diámetro interior del toroide por factor de diseño y considerando la principal dificultad como es la de instalar la bobina, consideramos una dimensión para el diámetro interior de 85 mm.³, es decir $D_i = 85$ mm. y una altura estandarizada de $H = 100$ mm.

³Fuente: "Calculo Industrial de Maquinas Eléctricas" Tomo II por: Juan Corrales Martín

Si el área neta del núcleo calculada anteriormente es de 40 cm².

Por lo tanto enrollaremos el acero silicoso en un número determinado de capas, que a continuación detallaremos:

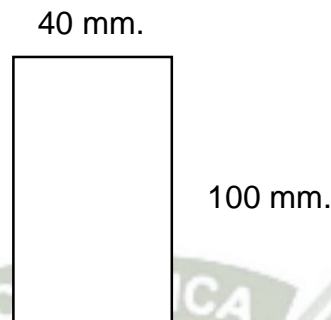


Fig. 6 Área o sección neta del núcleo toroidal

Considerando que:

$$N_{\text{capas}} = A_n / g$$

N_{capas} : número de capas

A_n : Área neta del núcleo

g : Espesor de la chapa de acero silicoso

$$N_{\text{capas}} = 40 \text{ mm}^2 / 0.35 \text{ mm.} = 114.28 \text{ capas}$$

3.5.2 Calculo de la longitud total del fleje de acero silicoso

Tomando en cuenta que:

$$L_t = \pi (R + r + g)(R - r)/g$$

Siendo que

L_t : Longitud total del fleje de acero silicoso que formara el núcleo toroidal

R : Radio exterior del toroide que se pretende formar $\Rightarrow R = 82.5 \text{ mm.}$

r : Radio interior del toroide que se pretende formar $\Rightarrow r = 42.5 \text{ mm.}$

g : Espesor de la chapa de acero silicoso $\Rightarrow g = 0.35 \text{ mm.}$

Por lo tanto:

$$L_t = \pi (82.5 \text{ mm.} + 42.5 \text{ mm.} + 0.35 \text{ mm.})(82.5 \text{ mm.} - 42.5 \text{ mm.})/0.35 \text{ mm.}$$

$$L_t = 45005.664 \text{ mm.} = 45 \text{ m. de longitud}$$

3.5.3 Calculo del número de espiras de la bobina

$$S_n = K_o \times D^2$$

De la ecuación de "Faraday" para tensión inducida en una bobina:

$$E_{\text{ind}} = N \times \frac{d\phi}{dt}$$

Se desarrolla también la ecuación para bobinados de transformadores:

$$N_{F1} = \frac{E_{f1} \times 10^8}{4.44 \times f \times \phi_t}$$

Donde:

N_{F1} = Numero de espiras del bobinado

E_{f1} = Tensión nominal = 220 V.

F = frecuencia de la red = 60 Hz.

ϕ_t = Flujo magnético total por columna = $A_n \times B_{\text{net}}$.

$$N_{F1} = \frac{220 \times 10^8}{4.44 \times 60 \times 40 \times 13000 \times 0.92}$$

$N_{F1} = 181.25 = 185$ espiras, considerando la longitud para las conexiones al exteriores e imprevistos.

Por la que se tendría una regulación de.

$$220 \text{ volt} / 185 \text{ espiras} = 1.189 \text{ volt} / \text{espira}$$

Efectuando las comprobaciones, para asegurarnos que la densidad del flujo magnético sea la correcta, tendremos que:

$$\Phi_t = \frac{E_n \times 10^8}{4.44 \times f \times N F_1} = \frac{220 \times 10^8}{4.44 \times 60 \times 185} = 444392.33 \text{ Maxwell}$$

Que daría una densidad neta el flujo magnético en el núcleo de:

$$B_{nt} = \Phi_t / A_n = 444392.33 \text{ Maxwell} / 40 \text{ cm}^2 = 11159.80 \text{ Gauss}$$

Por datos del fabricante el núcleo toroidal diseñado puede conducir hasta un máximo de 13000 Gauss, por lo cual se deduce que trabajara holgadamente con 11159.8 Gauss, respetando en el proceso de manufactura los 40 cm². de área del núcleo toroidal.

Considerando que por datos del fabricante de las chapas de acero silicoso, este puede conducir hasta un máximo de 13000 Gauss, podemos notar que nuestro núcleo diseñado podrá trabajar holgadamente con los 11159.8 Gauss, esto respetando en todo momento el proceso de fabricación del núcleo toroidal con un área neta de $A_n = 40 \text{ cm}^2$.

3.6 CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA BOBINA

3.6.1 Calculo de la sección del conductor del bobinado

- Tomando en cuenta que el banco de inductancias y por lo tanto cada uno de los inductores que conforma el banco trabajaran en ensayos de laboratorio, en consecuencia consideraremos que trabajan al 100% de su corriente nominal.
- Considerando que las maquinas que trabajan al aire con ventilación natural, están dentro del rango de densidad de corriente J entre 3 y 3.5 Amp./mm².

- Para nuestro diseño, tomando en consideración que el bobinado posee una sola capa y por lo cual su ventilación será óptima, tomaremos una densidad de corriente de 3.5Amp./mm².

Por cuyo motivo

$$A_{cu} = \frac{I_{100\%}}{J} = \frac{9A}{3.5 \text{ A/mm}^2} = 2.57 \text{ mm}^2$$

A_{cu} = Sección del conductor de cobre por columna.

Si $A_{cu} = \pi D^2/4$ siendo D el diámetro del conductor

En consecuencia tenemos que D = 1.808 mm.

Considerando los datos de catálogos del fabricante tabla 1, procedemos a elegir el alambre esmaltado 13 AWG.

Tabla 1 Características técnicas del alambre de cobre magneto

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

3.6.2 Calculo de la longitud de alambre

Si el contorno del área o sección del núcleo toroidal es de 100 mm. x 40 mm., entonces la longitud completa de una espira será de

$$L_e = 2H + 2b$$

Siendo

L_e : Longitud de la espira

H : Altura del núcleo toroidal=100 mm.

b : Ancho del núcleo toroidal=40 mm.

Por lo cual $L_e=280$ mm. = 0.28 m.

en consecuencia la Longitud total del alambre (L_t) será:

$$L_t = L_e \times N_{F1}$$

Si L_t : Longitud total del alambre

L_e : Longitud de la espira

N_{F1} : Numero de espiras de la bobina

$$L_t = 0.28 \text{ m. / espira} \times 185 \text{ espiras}$$

$$L_t = 51.8 \text{ m.}$$

3.6.3 Calculo del peso del alambre de cobre

Si de datos del catálogo del fabricante para el alambre 13 AWG el peso unitario del cobre es de 42.56 m./ Kg.

P_{cu} =Peso unitario del cobre x longitud del alambre de cobre

$$P_{cu} = 42.56 \text{ m./ Kg.} \times 51.8 \text{ m.} \Rightarrow P_{cu} = 0.8216 \text{ Kg.}$$

3.7. PRUEBAS ELECTRICAS DEL INDUCTOR TOROIDAL

Un transformador o autotransformador es probado para comprobar que ha sido adecuadamente diseño y construido con la finalidad de que pueda soportar sin ningún problema los parámetros de diseño que previamente fueron establecidos.

3.7.1. Prueba de resistencia de aislamiento

- La prueba de resistencia de aislamiento se realiza para comprobar la ausencia de humedad e impurezas que contiene los aislamientos del inductor con núcleo toroidal.
- Según el estándar 43 – 2000 de la IEEE, en forma general para las maquinas eléctricas que trabajan con una tensión de operación menor a 1000 V. recomienda una resistencia mínima de aislamiento de 5 M Ω .
- La prueba se efectuó con un megohmetro en el laboratorio, el mismo que tiene las siguientes características

Marca: Yokogawa
Modelo: YG 203
Rango de medida: 1000V/2000 M Ω



Fig. 7 Diagrama de conexiones para la prueba de aislamiento del inductor

Resultados del ensayo → Resistencia Aislamiento = 600 MΩ con 1000 V.

Criterio de evaluación: Se observa que el valor es muy superior al mínimo de aceptación por lo que se concluye que el aislamiento está en perfectas condiciones.

3.7.2. Prueba de resistencia óhmica de los devanados

- Esta prueba nos sirve para poder las pérdidas de cobre (I^2R)
- En este caso por la precisión requerida utilizaremos un puente de Wheatstone con las siguientes características

El método del puente es el más usado por la sencillez de su manejo y por la gran exactitud que nos ofrece; además de que la corriente con la que opera es muy pequeña, por lo cual no se alteran las lecturas por efectos de calentamiento durante la medición.

Marca: Yokogawa
Modelo: YG 379
Precisión: 0.0001 Ω



Fig. 8 Diagrama de conexiones para determinar la resistencia óhmica del inductor

Resultados del ensayo → Resistencia óhmica = 0.147 Ohmios.

Criterio de evaluación: Se observa que el valor es correcto considerando el calibre del alambre.

Es conveniente señalar que este valor se deberá de corregir a la temperatura estándar de 75 grados centígrados, al momento de efectuar los ensayos de laboratorio.

3.7.3. Prueba de determinación de la inductancia propia de la bobina

- Esta prueba nos sirva para poder determinar el valor de la inductancia propia de la bobina, para poder posteriormente poder calcular la reactancia inductiva de la bobina X_L .
- En este caso por la precisión requerida utilizaremos un medidor de inductancia características

Marca:Prasek

Modelo:PR 602

Precisión: 0.00 microhenrios

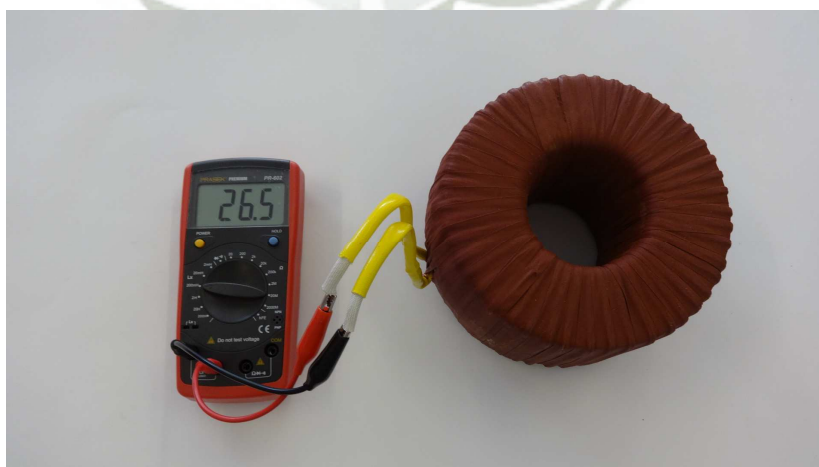


Fig.9 Diagrama de conexiones para determinar la inductancia de la bobina

Resultados del ensayo → Inductancia propia $L = 26.5$ milihenrios.

Criterio de evaluación: Se observa que el valor es correcto considerando el calibre del alambre.



CAPITULO IV

PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA DÉCADA DE INDUCTANCIAS

4.1. INTRODUCCIÓN

En esta parte del proyecto, describiremos paso a paso en forma detallada las diferentes etapas del proceso de manufactura de la década de inductancias.

A partir de los cálculos de diseño de la década de inductancias desarrollado en el capítulo que antecede y la información técnica proporcionada por los fabricantes, en primer lugar se procede a la etapa de adquisición de materiales, las mismas que deberán de contener las cantidades suficientes para evitar empalmes y traslapes que perjudiquen la parte funcional y estética de los inductores que conformaran la década de inductancias. En las figuras siguientes se muestran la totalidad de materiales entre conductores y aislantes empleados en la manufactura de los seis inductores individuales que al final conformaran la década de inductancias

4.1.1 Materiales empleados en la manufactura de la década de inductancias

En esta parte se muestran los principales materiales tanto conductores como aislantes que se emplearan en la manufactura de cada uno de los seis inductores que finalmente conformaran la década de inductancias



Fig. 10 Carrete de alambre de cobre magneto calibre 13 AWG



Fig. 11 Fleje de acero silicoso estandarizado de 100 mm.de ancho



Fig. 12 Barniz aislante para las bobinas



Fig. 13 Papel NOMEX aislante film de Poliéster



Fig.14 Papel PRESPAN aislante de alta dureza



Fig. 15 Cinta aislante de vidrio virgen



Fig. 16 Cinta aislante de algodón de $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de pulgada



Fig. 17 Spaguetty de fibra de vidrio simple



Fig. 18 Spaguetty de fibra de vidrio reforzada

4.1.2 Proceso de manufactura del núcleo toroidal

A diferencia de los núcleos tipo columna, en este caso utilizando el fleje de acero silicoso estandarizado. Se procede a enrollarlo firmemente hasta completar el área diseñada que en este caso será de un espesor de 4 cm.

- a) Una vez conformado el núcleo toroidal se le somete al proceso de recocido de núcleo. Este proceso se lleva a cabo en un horno eléctrico a una temperatura aproximada de $775^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$.
- b) Luego de haber recocido el horno se deberá de dotarlo de tapas laterales de papel PRESPAN, esto con la finalidad de que el alambre este protegido de algún filo cortante y esto pueda dañar el barniz aislante del alambre.

- c) Para mejorar la condición anterior se procede a proteger el conjunto núcleo-tapas PRESPAN con cinta de vidrio virgen.
- d) Luego para asegurar el aislamiento del núcleo toroidal con el alambre que se embobinara, se procede con la ayuda de una pequeña brocha, a impregnarla completamente con resina sintética MEC.
- e) Una vez que haya secado totalmente la resina MEC, el núcleo toroidal, estará listo para alojar la bobina de alambre esmaltado.



Fig. 19 Núcleo toroidal formado para el área diseñada(4 cm. De espesor)

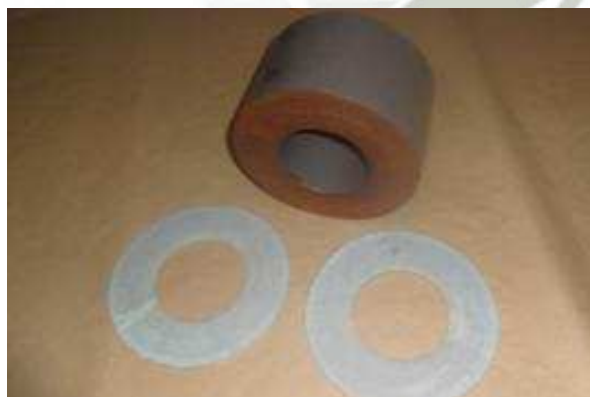


Fig. 20 Tapas laterales de papel aislante PRESPAN



Fig. 21 Núcleo con las tapas laterales de PRESPAN instaladas



Fig. 22 Aislamiento del nucleo toroidal con cinta de vidrio virgen



Fig. 23 Núcleo completamente aislado



Fig. 24 Impregnado del núcleo aislado con resina sintética MEC

4.1.2.1. Proceso de manufactura de la bobina del inductor

La manufactura de una buena bobina del inductor, implica muchos factores y entre las consideraciones más importantes es que deba de poseer una buena ventilación y adecuada resistencia mecánica, como así también que su construcción deberá de permitir que los terminales o extremos de las bobinas salgan en forma adecuada asegurando la solidez de la bobina lo cual redundara en reducir al mínimo las pérdidas.

Si bien es cierto que los núcleos toroidales tienen muchas ventajas magnéticas frente a los núcleos tipo columna, sin embargo el mayor problema es el proceso de embobinado y a que en este caso el alambre deberá de pasar por una dona, motivo por el cual primero se deberá de calcular la longitud total del alambre de tal forma que esta no falte

Se deberá de tener especial cuidado en que no existan empalmes.

- a) Se inicia el proceso de embobinado en forma manual, luego para facilitar el trabajo se emplea una lanzadera (porta alambre), cuidando en todo momento que la bobina tenga una distribución uniforme.

- b) Luego de haber culminado el proceso de embobinado, para fijar el alambre, se procede a cubrir la totalidad del alambre con una capa de cinta de algodón, para finalmente impregnarla con una mano de barniz aislante que a la vez servirá de fijador del alambre.
- c) Para mejorar la condición anterior se procede a proteger el conjunto núcleo-tapas PRESPAN con cinta de vidrio virgen.



Fig. 25 Proceso de inicio de embobinado del núcleo con alambre esmaltado



Fig. 26 Empleo de una lanzadera de alambre para facilitar el trabajo de embobinado



Fig. 27 Núcleo toroidal parcialmente embobinado



Fig. 28 Núcleo toroidal con la bobina completa



Fig. 29 Protección de la bobina con una capa de cinta de algodón y una mano ligera de barniz aislante

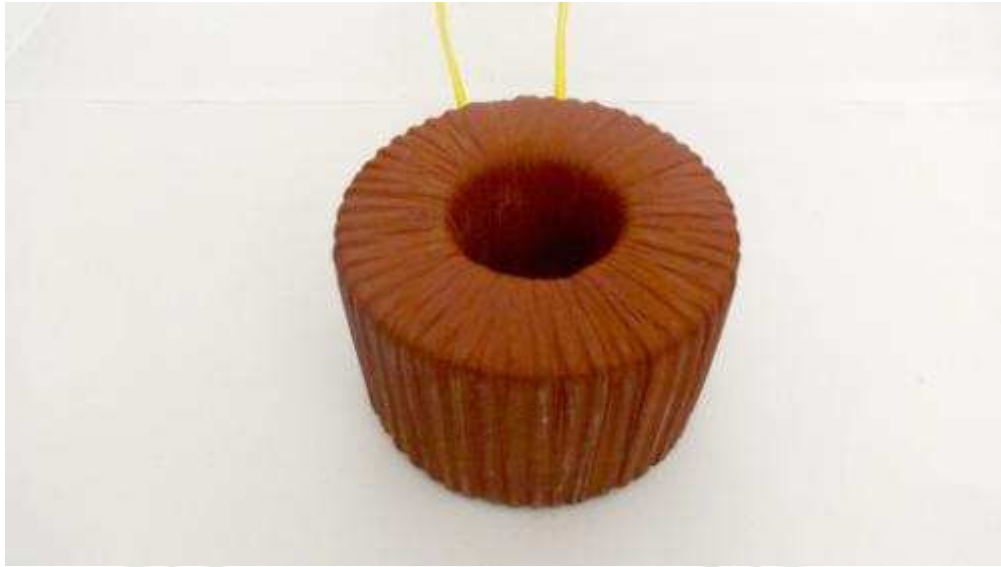
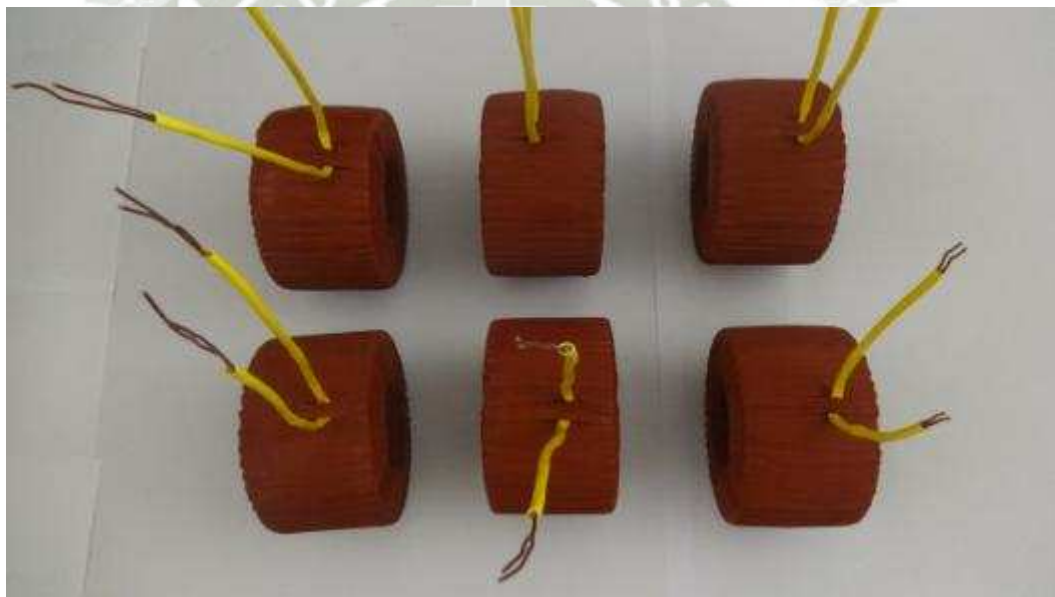


Fig.30 Impregnado de la bobina completa con barniz cementante rojo oxido



Fig, 31 Conjunto de los seis inductores que conforman la década

4.1.2.2. Proceso de ensamble de las bobinas al bastidor

El proceso de ensamble de los seis inductores individuales al bastidor, sirve para conformar la década de inductancias, de tal forma que estas al tener sus terminales accesibles nos permitan efectuar diferentes tipos de conexiones y ensayos, tanto a los inductores individuales o también a la década en conjunto.

La década de inductancias está dotada de dos asas, las mismas que permitirán trasladar el equipo de un lugar a otro y así para poder efectuar diferentes tipos de ensayos interactuando con otros equipos e instrumentos de laboratorio.

- a) El bastidor principal está fabricado de un ángulo de $3 \times 3 \times 1/4$ " que junto a una base de madera de 1" de espesor, proporciona estabilidad y rigidez al conjunto de los seis inductores.
- b) Los seis pernos pasantes de $6" \times 1/4"$ servirán como elementos de fijación de los seis inductores que forman la década a la base del bastidor.
- c) Una vez colocadas las seis bobinas, se procede a instalar los fijadores circulares de madera.
- d) Luego se procede a instalar los doce terminales en la caja metálica de $1/16"$
- e) Se procede a retirar el esmalte aislante de los extremos de las seis bobinas para conectarlos finalmente a los terminales instalados en el paso anterior.
- f) Se fija la tapa al bastidor con lo cual se da por concluido el proceso de ensamblado de la década de inductancias.



Fig. 32 Perfil de soporte del conjunto de los seis inductores



Fig. 33 Perfil de soporte con su base de apoyo de los seis inductores



Fig. 34 Pernos pasantes para fijación de las bobinas



Fig. 35 Perfil y base con los pernos de fijación instalados

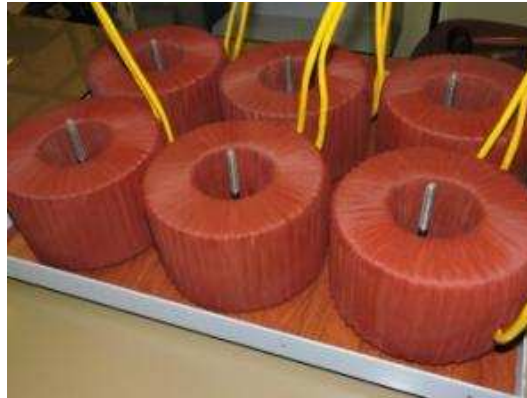


Fig. 36 Instalación de los seis inductores en la base correspondiente



Fig. 37 Elemento de fijación de madera para cada uno de los inductores



Fig. 38 Fijación completa de los seis inductores



Fig. 39 Conectores industriales para conexión de los terminales de las bobinas



Fig. 40 Instalación de los conectores en el bastidor metálico



Fig.41 Década de inductancias expedita para su utilización

CONCLUSIONES

Al culminar el diseño y fabricación de la década de inductancias propuesto, se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Se logró diseñar la década de inductancias proyectada la misma que guarda relación directa con la teoría de las maquinas eléctricas estáticas, es decir con los transformadores de potencia.
2. Que la década de inductancias que se logró diseñar y construir, debido a las grandes corrientes que este puede soportar servirá para efectuar diferentes tipos de ensayos en el laboratorio, coadyuvando así al conocimiento del comportamiento de las maquinas eléctricas tanto estáticas como rotativas.
3. La década de inductancias construida, debido a su versatilidad puede ser considerado como un módulo de enseñanza, el mismo que se puede utilizar incluso en las asignaturas donde se estudian los conceptos básicos de electromagnetismo, y así poder posteriormente comprender mejor la teoría que rige a las maquinas eléctricas en general.
4. Con la década de inductancias concluida en sus etapas de diseño y construcción, como compromiso inicial se entrega a la Escuela Profesional de Ingeniería mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatronica en calidad de donación, con lo cual se consigue incrementar el equipamiento del laboratorio de Electricidad y Maquinas Eléctricas.
5. Por las consideraciones anteriores, será posible la realización de trabajos de investigación por parte de los alumnos de pre, postgrado como así también de los docentes, relacionados con las disciplinas de las maquinas eléctricas.

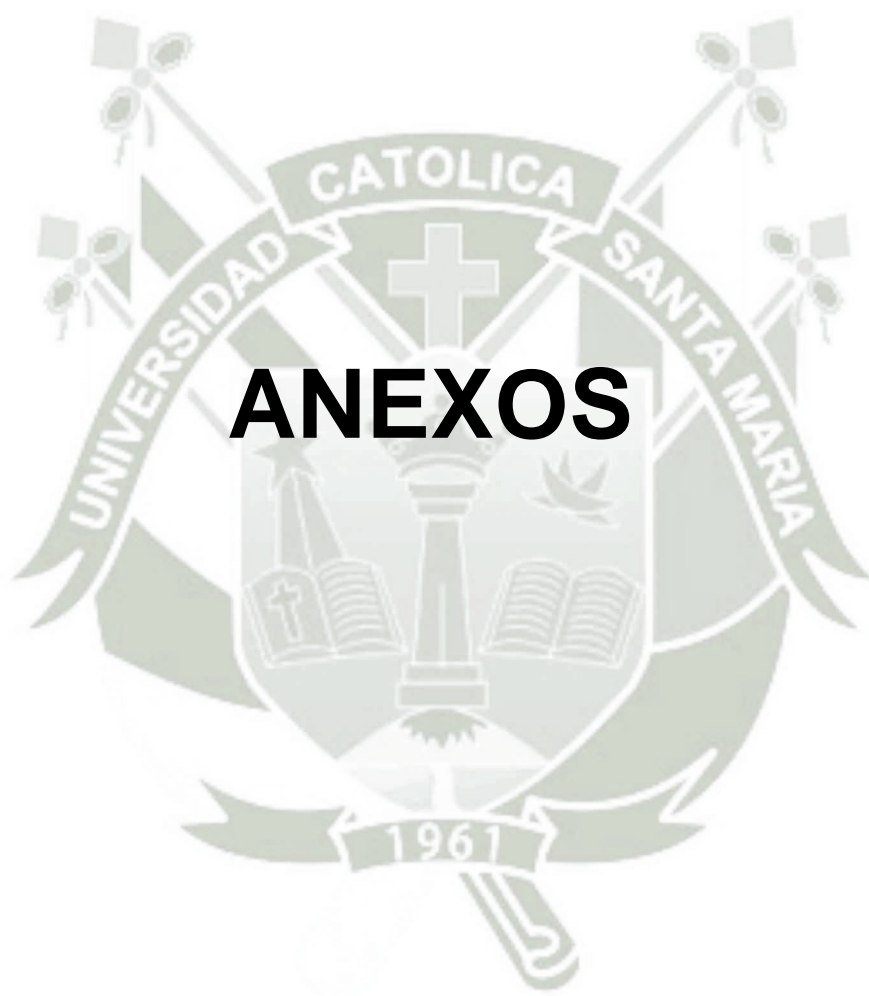
RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se alcanzan, tienen la finalidad de facilitar la realización de prácticas de laboratorio, considerando los factores de seguridad a los equipos y personas, entre las cuales se pueden destacar:

1. Se deberá de tener en cuenta los valores nominales de funcionamiento de los dispositivos y equipos, considerando su voltaje y corriente principalmente.
2. Antes de energizar un circuito eléctrico en el laboratorio, donde se utilice la década de inductancias, se recomienda realizarlos cálculos previos para poder asegurarse de no sobrepasar ningún valor nominal de los equipos e instrumentos que se están utilizando, como así también cometer el menor número de errores en el desarrollo de las prácticas.
3. En referencia al número de alumnos en las mesas de trabajo, para que estos formen parte activa de las prácticas de laboratorio donde intervenga la década de inductancias diseñada, se recomienda que no exceda de 6 alumnos por mesa y programar la realización de prácticas en forma alternada, es decir diferente practica por mesa, esto debido a la cantidad de equipos disponibles.

BIBLIOGRAFÍA

- RAFAEL SANJURJO, Reverte. Circuitos magnéticos y transformadores
- JAVIER SANZ. , Prentice Hall. Máquinas Eléctricas.
- STEPHEN J. CHAPMAN., McGraw- Hill. Máquinas Eléctricas.
- A.E. FITZGERALD., McGraw- Hill. Máquinas Eléctricas.
- JESÚS FRAILE. Máquinas Eléctricas.
- IRVING L. KOSOW., Prentice Hall. Máquinas Eléctricas y Transformadores.
- ENRIQUE RAS. , Marcombo. Transformadores de potencia, de medida y de protección.
- B.S. GURU y H.R. HIZIROGLU., Oxford Máquinas eléctricas y transformadores
- E. HARPER. El ABC de Máquinas Eléctricas
- SYED A. NASAR. Máquinas Eléctricas I y Electromecánicas Ed.1988
- Información electrónica en páginas web.



ANEXOS



ANEXO 1

MATERIALES AISLANTES ELÉCTRICOS



S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.
Aislantes eléctricos

INFORMACION TECNICA

Edición: 17.03.05

THERNOMID K.R.G.

CLASE TERMICA 240°C

LAMINADO AISLANTE FLEXIBLE

El aislante flexible THERNOMID K.R.G. está compuesto por un Film de Poliimida, por Tejido de Vidrio no alcalino y todo ello unido con adhesivo termoestable.
El THERNOMID K.R.G. posee alta resistencia a la temperatura (240°C), buena flexibilidad y adaptabilidad. Elevada resistencia a la rotura y al desgarre. Se emplea en máquinas sometidas a los más rigurosos esfuerzos térmicos (motores de tracción, electroimanes, etc).

CARACTERISTICAS TECNICAS (Espesor 0.22 mm)

Perforación dieléctrica NFC 26225 (KV).....	7.5
Temperatura de utilización continua NFC 26205 (°C).....	240
Temperatura de utilización discontinua NFC 26205 (°C).....	300
Temperatura mínima de utilización NFC 26205 (°C).....	-180 en N ₂ líquido
Conductividad térmica NF PRG 62011 y ASTM C 518 (W/m °C).....	1.0
Resistencia a la tracción en sentido longitudinal NF 26143 (DaN/cm ²).....	1280
Resistencia a la tracción en sentido transversal NF 26143 (DaN/cm ²).....	670
Alargamiento a la rotura en sentido longitudinal NF 26143 (%).....	6
Alargamiento a la rotura en sentido transversal NF 26143 (%).....	42
Absorción al agua (%).....	<0.6

ESPELOR TOTAL REF. (mm)	ESPELOR POLIIMIDA (micras)	ESPELOR VIDRIO (micras)	GRAMAJE (grs/m ²)	AISLAMIENTO (V)
0.12 +- 10%	25	100	152 +- 10%	6500
0.12 +- 10%	75	30	142 +- 10%	12500
0.15 +- 10%	50	100	195 +- 10%	7500
0.22 +- 10%	25	180	260 +- 10%	7500
0.24 +- 10% (triplex)	50	100	310 +- 10%	11000

PRESENTACION: Bobinas de 100 ml x 1000 mm. ancho.

CORTE

Bajo demanda puede suministrarse en rollos, formatos o piezas troqueladas.

La tolerancia de corte es: +0.2 -0.2mm.

En el caso de que la suma total de los anchos de los rollos, sea inferior al ancho standard de la bobina, la merma superior a 20 mm., será bobinada y servida con los rollos.

El diámetro interior standard de los tubos de cartón es de 70 mm.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es

	<p>S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A. Aislantes eléctricos</p>	
<p>INFORMACION TECNICA</p>		<p>Edición:17.03.05</p>

FILM POLIESTER
 AISLANTE FLEXIBLE

CLASE TERMICA B (130°C)

El aislante flexible FILM POLIESTER es una lámina de Politereftalato de Etilenglicol (PETP), de excelentes propiedades físicas y dieléctricas. Muy resistente al frio y al calor (-70°C a 150°C).

CAMPO DE APLICACION

Se utiliza en el aislamiento eléctrico de motores y transformadores (ranura y entre-fase).

CARACTERISTICAS TECNICAS

	23	36	50	75	100	125	190	250	350
Espesor(micras)									
Gramaje (grs/m ²)	32	50	70	105	142	174	265	349	480
Resistencia tracción (MPa) NF 26143 s.longitudinal	200	220	200	190	190	190	190	190	190
Alargamiento rotura (%) NF 26143 s. longitudinal	130	130	130	140	150	150	190	210	240
Contracción s. longi. (%) 30 min. 150 °C	1.5	2.0	1.5	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Perforación dieléctrica (KV) NFC 26225	6	7	8.5	11	13	15.5	20	22	23

PRESENTACION

En bobinas hasta 1010 mm de ancho, con diferentes longitudes según espesor del film.
Bajo demanda puede suministrarse en rollos, formatos o piezas troqueladas. La tolerancia de corte es: +0.2 - 0.2mm.
En el caso de que la suma total de los anchos de los rollos, sea inferior al ancho standard de la bobina, la merma superior a 20 mm, será bobinada y servida con los rollos. El diámetro interior standard de los tubos de cartón es de 70 mm.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es

	<p align="center">S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A. Aislantes eléctricos</p>	
<p align="center">INFORMACION TECNICA</p>		<p align="right">Edición:17.03.05</p>

ROYAFLEX "F"
TUBO AISLANTE FLEXIBLE

CLASE TERMICA F (155°C)
-30°C +170°C

El ROYAFLEX "F", es un tubo compuesto por un trenzado de Vidrio, recubierto con un barniz de Poliuretano.

COLORES

El color standard es Natural (Crudo). Bajo demanda podemos suministrar otros colores: Amarillo, Verde, Marrón, Rojo, Negro, Azul, Blanco, Naranja, Violeta, etc.

CAMPO DE APLICACION

Su empleo es adecuado en motores, aparatos y máquinas de la clase térmica "F" (155°C), como por ejemplo: transformadores, construcciones eléctricas y electrónicas, cableado de electrodomésticos y de calefacción, cableado de máquinas útiles y máquinas electrotérmicas para el trabajo con plásticos y caucho. En definitiva es apto para el aislamiento de componentes eléctricos a temperaturas inferiores a 170°C.

CARACTERISTICAS TECNICAS (SEGUN NORMAS UNE 21375-93/DIN 40620)

TERMICAS

Clase térmica "F"
 Temperatura de servicio 155°C
 Temperatura máx. utilización 170°C
 Aguanta el contacto del hierro al soldar.

ELECTRICAS

Tensión de perforación en seco 3000 V

QUIMICAS

Resistencia a los productos químicos.

Etanol Muy buena
 Toluol Buena
 Aceite Muy buena
 Pyraleno Buena
 Agua Muy buena
 Acido Sulfúrico Regular

Buena compatibilidad con barnices de impregnación clase "F". Muy buena resistencia a la humedad y a los hongos.

MECANICA

Buena elasticidad / Buena resistencia al doblado / Buena resistencia al envejecimiento.
 Resistencia a la tracción 33.1 N/mm²
 Alargamiento a la rotura 17.2 %

FORMA DE SUMINISTRO

Diámetro interior (mm)	Longitud rollo (ml).
0.5/1/1.5	200
2/2.5/3/4	100
5/6/7/8/10/12/14/16.....	50

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.

Tel: 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es



S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.
Aislantes eléctricos

INFORMACION TECNICA

Edición:17.03.05

THERNOMID N.R.G.

CLASE TERMICA R (220°C)

LAMINADO AISLANTE FLEXIBLE

El aislante flexible THERNOMID N.R.G. está compuesto por papel Poliamida no calandrado (NOMEX), por Tejido de Vidrio no alcalino y todo ello unido con adhesivo termoestable.

El THERNOMID N.R.G. se utiliza como aislante de entre-fase y en el encintado de pletinas. Debido a su superficie esponjosa, posee un alto poder de absorción de barnices/resinas en el proceso de impregnación. Se adapta perfectamente a la geometría de las cabezas de bobinas (motores de tracción).

CARACTERISTICAS TECNICAS (Espesor 0.22 mm)

Perforación dieléctrica NFC 26225 (KV).....	1.3
Constante dieléctrica 50 Hz 25°C ASTM 150-65.....	nc
Factor de disipación tg 50 Hz 25°C NFC 26230.....	nc
Resistencia específica a 25°C NFC 26230 y NFC 26143.....	nc
Punto de fusión FISHER JONES (°C)	>300
Punto de reblandecimiento ASTM D 876-65 (°C)	nc
Temperatura de utilización continua NFC 26205 (°C).....	220
Temperatura de utilización discontinua NFC 26205 (°C).....	250
Temperatura mínima de utilización NFC 26205 (°C).....	-180 en N ₂ líquido
Calor específico NF PRG 62011 y ASTM C 518 (cal/g °C).....	nc
Conductividad térmica NF PRG 62011 y ASTM C 518 (W/m °C).....	1.0
Coefficiente de dilatación lineal. 30 a 50°C ASTM D 696-44 (mm/°C).....	nc
Resistencia a la tracción en sentido longitudinal NF 26143 (DaN/cm ²).....	>40
Resistencia a la tracción en sentido transversal NF 26143 (DaN/cm ²).....	nc
Alargamiento a la rotura en sentido longitudinal NF 26143 (%).....	nc
Alargamiento a la rotura en sentido transversal NF 26143 (%).....	nc
Contracción 30 min. a 160°C (%)	nc
Absorción al agua (%)	nc

ESPEJOR TOTAL	ESPEJOR NOMEX	GRAMAJE	AISLAMIENTO	PRESENTACION
REF. (mm)	(micras)	(grs/m²)	(V)	
0.22 +- 10%	130	165 +- 10%	1300	105 ml x 950 mm

CORTE

Bajo demanda puede suministrarse en rollos, formatos o piezas troqueladas.

La tolerancia de corte es: +0.2 -0.2mm.

En el caso de que la suma total de los anchos de los rollos, sea inferior al ancho standard de la bobina, la merma superior a 20 mm., será bobinada y servida con los rollos.

El diámetro interior standard de los tubos de cartón es de 70 mm.

NOMEX: Marca registrada por DU PONT DE NEMOURS.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España
e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es



S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.
Aislantes eléctricos

INFORMACION TECNICA

Edición:17.03.05

THERNOPHASE

CLASE TERMICA F (155°C)

LAMINADO AISLANTE FLEXIBLE

El aislante flexible THERNOPHASE está compuesto por un Film de Poliéster (PETP) , recubierto por ambas caras con fibras de Poliéster y un adhesivo termoestable. Se presenta en color amarillo. Posee alta resistencia térmica.

El THERNOPHASE se ha creado especialmente para el aislamiento de entre-fases. No se desliza en el proceso de bobinado y después de la impregnación de barniz/resina, queda totalmente adherido a los conductores.

CARACTERISTICAS TECNICAS REF. 0.40

Perforación dieléctrica NFC 26225 (KV)	14
Constante dieléctrica 50 Hz 25°C ASTM 150-65	nc
Factor de disipación tg 50 Hz 25°C NFC 26230	nc
Resistencia específica a 25°C NFC 26230 y NFC 26143	nc
Punto de fusión FISHER JONES (°C).....	>250
Punto de reblandecimiento ASTM D 876-65 (°C)	>245
Temperatura de utilización continua NFC 26205 (°C)	155
Temperatura de utilización discontinua NFC 26205 (°C).....	190
Temperatura mínima de utilización NFC 26205 (°C)	nc
Calor específico NF PRG 62011 y ASTM C 518 (cal/g °C)	nc
Conductividad térmica NF PRG 62011 y ASTM C 518 (W/m °C).....	nc
Coefficiente de dilatación lineal. 30 a 50°C ASTM D 696-44 (mm/°C).....	3 . 10 ⁻⁵
Resistencia a la tracción en sentido longitudinal NF 26143 (DaN/cm ²).....	1300
Resistencia a la tracción en sentido transversal NF 26143 (DaN/cm ²)	nc
Alargamiento a la rotura en sentido longitudinal NF 26143 (%)	120
Alargamiento a la rotura en sentido transversal NF 26143 (%).....	nc
Contracción 30 min. a 160°C (%).....	2
Absorción al agua (%).....	nc

REFERENCIA	ESPESOR FILM (micras)	GRAMAJE (grs/m ²)	AISLAMIENTO (V)	PRESENTACION
0.30	50	150 +- 10%	6500	123 ml x 980 mm
0.40	125	250 +- 10%	14000	123 ml x 980 mm

CORTE

Bajo demanda puede suministrarse en rollos, formatos o piezas troqueladas.

La tolerancia de corte es: +0.2 -0.2mm.

En el caso de que la suma total de los anchos de los rollos, sea inferior al ancho standard de la bobina, la merma superior a 20 mm., será bobinada y servida con los rollos.

El diámetro interior standard de los tubos de cartón es de 70 mm.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es

PAPEL NOMEX® Du Pont

1.-INFORMACION TECNICA

El papel NOMEX* es fabricado a base de fibras cortas (borra) y de pequeñas partículas fibrosas liantes (fibrídes) de aramid (polyamida aromático). Estos componentes (borra y fibrídes) son combinados según las técnicas normales de fabricación de papel. El material resultante es densificado e internamente ligado por medio de calandras a alta temperatura. Esto produce un papel sintético flexible y sólido que posee las propiedades siguientes:

- Buena resistencia a la temperatura (hasta la clase C-220°C).
- Excelentes propiedades eléctricas.
- Buena resistencia a los productos químicos (solventes) y radiaciones.
- Alta resistencia a la tracción y al rasgado.
- Propiedades de auto-extinción.
- Buena retención de propiedades a humedad alta.

El papel NOMEX es ampliamente utilizado como:

- Aislante de espira, capa, barrera, sección y conductor en transformadores y bobinas de reactancia.
- Aislante de conductor, bobina, ranura, fase, calas y aislante final en motores y generadores.
- Bandas de potenciómetros, soportes de bobinas para los calentadores de baja potencia.
- Tubos bobinados en espiral y enrollados para bobinas, anillos e V y gran variedad de partes preformadas y cortadas con troquel.
- Aislante de cable y de conductor.
- Aislamiento de bobinados en balastos, solenoides y bobinados de altavoces.

Además el papel NOMEX puede ser laminado a si mismo o a otros materiales (tales como el film polyester) para formar compuestos flexibles o rígidos.

Puede también ser revestido con resinas para obtener materiales autoadhesivos.

Cuatro tipos de NOMEX son utilizados en la industria eléctrica:

- Tipo 410 – calandrado, existente en espesores de 0,05 mm (peso específico 0,75) a 0,76 mm (peso específico 1,1). Este tipo es utilizado en la mayor parte de las aplicaciones de la lista precedente.
- Tipo 411 – sin calandrar, el precursor del tipo 410, existente en espesores de 0,15 a 0,76mm (peso específico aproximado 0,30). El tipo 411 es utilizado en aplicaciones requiriendo una especie de «cojín» relativamente blando y donde no se necesitan resistencias mecánicas o eléctricas especialmente altas.
- Tipo 414 – calandrado, similar al tipo 410 pero algo modificado durante su manufacturación para a reforzar su resistencia al rasgado y su conformabilidad.
- Los espesores existentes son de 0,18 a 0,38mm. Este producto ha sido desarrollado para su utilización como aislamiento de ranura en los motores bobinados automáticamente.
- Tipo 418, calandrado, contiene el 50% de partículas de Mica. Este producto se describe en el boletín NOMEX M papel de Aramida y Mica Tipo 418.

2.-CARACTERÍSTICAS TERMICAS

El papel NOMEX no funde, ni propaga la combustión. Su adopción generalizada en la industria eléctrica resulta de esta propiedad y de la capacidad que el papel NOMEX tiene, de conservar su excelente combinación de propiedades mecánicas y eléctricas durante largos períodos de exposición continua a las altas temperaturas. Además, el papel NOMEX resistirá las desviaciones térmicas muy superiores a 300°C, con sólo una reducción mínima de esas propiedades.

El pape INOMEX ha sido aprobado como material aislante para operación continua a temperaturas pudiendo elevarse hasta la clase C (220°C) por:

- Underwriters' Laboratories USA
- Lloyds register of Shipping Inglaterra
- American Bureau of Shipping USA
- Especificación Militar MIL-I-24204(USA)

y hasta clase H (180°C) por:

- VDE 0530 Alemania
- Bureau Veritas Francia
- Registro Navale Italiano, Italia

3.-PROPIEDADES ELÉCTRICAS

Los valores típicos de la rigidez dieléctrica y constante dieléctrica del papel NOMEX, en varios espesores y tipos son dados en la Tabla I.

Tabla I. **Propiedades eléctricas del Papel NOMEX, tipos 410, 414 y 411.**

Tipo	Espesor mm	Rigidez dieléctrica* kV/mm	Constante dieléctrica + A 10 ³ Hz
410	0,05	21	2,0
	0,08	23	2,1
	0,13	27	2,3
	0,18	33	2,5
	0,25	34	2,6
	0,30	34	2,8
	0,38	34	3,0
	0,51	30	3,3
	0,61	30	3,3
	0,76	28	3,4
414	0,09	25	-
	0,18	32	2,5**
	0,25	28	2,7**
	0,30	29	2,8**
	0,38	28	2,8**
411	0,13	12	1,3
	0,18	12	1,3
	0,25	13	1,3
	0,38	13	1,4
	0,58	13	1,4

- ASTM D-149, 50,8mm C.A. Aumento rápido, medido a 23°C Y 50% h.r.

+ASTM D-150, 25mm, electrodos 140 kPa

**Medido a 60 Hz.

Las propiedades eléctricas del papel NOMEX son prácticamente inalterada por la humedad como lo muestran los valores típicos dados en la Tabla II.

Tabla II. **Propiedades eléctricas del papel NOMEX en relación con la humedad.**

Papel NOMEX, tipo 410 – 0,25 mm

Humedad Relativa %	Rigidez Dieléctrica * kV/mm	Constante Dieléctrica ** a 10 ³ Hz.	Factor de disipación ** a 10 ³ Hz	Resistividad Volumétrica ** ohm/cm
Seco	37,8	2,3	0,013	6 x 10 ¹⁶
50	35,4	2,6	0,014	2 x 10 ¹⁶
95	33,8	3,1	0,025	2 x 10 ¹⁴

*ASTMD-149, electrodos de 50,8mm

**ASTMD-150, electrodos de 25,4mm, 1,4kg/cm² de presión.

***ASTMD-257.

La variación de la resistividad volumétrica del papel NOMEX en función de la temperatura, es mostrada en la Figura II. La buena resistividad volumétrica a alta temperatura (mas alta que 10¹¹ ohm/cm a 250°C) y alta retención de la rigidez dieléctrica (5% de perdida a 250°C) demuestran la capacidad de sobrecarga térmica del papel NOMEX.

4.-PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades físicas propias del papel NOMEX, medidas a 23°C y 50% de h.r.son mostradas en la Tabla III.Como el papel NOMEX es anisotropico, las propiedades son dadas en las dos direcciones; de la máquina y la transversal (MD y XD).Para su uso es importante asegurarse que el papel NOMEX este orientado correctamente de manera a obtener las mayores resistencias (a la tracción o al rasgado) donde sean necesarias.

A 200°C el papel NOMEX conserva aproximadamente 75% de su resistencia a la tracción (a 20°C) y su elongación a la ruptura es prácticamente la misma.

El papel NOMEX muestra muy poco encogimiento a alta temperatura. La retención de sus propiedades mecánicas y dimensionales nos asegura que el papel NOMEX puede soportar todas las fuerzas mecánicas y vibraciones encontradas durante el servicio en las máquinas eléctricas.

Tabla III. **Propiedades Físicas**

Papel NOMEX, tipos 410, 414y 411

Tipo	Espe sor mm	Resistencia a la tracción		Elongaci ón a la Ruptura %		Resistencia Finch. a las Rasgaduras en Los bordes		Encogi- Miento A 300°C	
		MD	XD	MD	XD	MD	XD	MD	XD
410	0,05	37	21	8	79	85	49	1,8	1,3
	0,08	65	39	11	13	160	85	1,1	0,9
	0,13	130	77	15	15	350	180	0,6	0,7
	0,18	210	130	18	16	490	260	0,4	0,5
	0,25	300	190	19	18	710	320	0,4	0,4
	0,30	390	260	21	18	710	360	0,2	0,4
	0,38	450	320	21	18	710	380	0,2	0,4
	0,51	680	490	21	18	760	430	0,2	0,4
	0,61	880	610	21	16	760	350	0,2	0,4
0,76	1000	670	23	18	1200	580	0,2	0,4	
414	0,09	54	31	9	12	-	-	2,1	1,1
	0,18	147	89	13	13	489	245	1,9	-
	0,25	235	130	13	14	801	365	1,7	-
	0,30	284	172	16	16	956	529	-	-
	0,38	364	228	15	16	1157	698	0,8	-
411*	0,13	17	9	3,5	4,8	45	27	1,2	1,5
	0,18	28	17	3,5	5,0	76	49	0,9	1,0
	0,25	35	21	3,4	5,2	100	62	0,8	0,8
	0,38	56	35	3,2	5,2	180	120	0,9	0,8
	0,58	80	52	3,2	4,8	250	170	0,9	0,8
Referencia	ASTM D828-60				ASTM D827-47				

*Encogimiento para el Tipo 410 a 330°C, Tipo 414 a 300°C, y Tipo 411 a 240°C.

Los papeles NOMEX Tipo 410 y 414 tienen una resistencia al desgarramiento periférico relativamente alta, lo que les permite ser utilizados como rellenos de ranuras en la mayoría de los motores eléctricos bobinados indiscriminadamente.

En los casos en que se desea una mayor resistencia al desgarramiento periférico, son preferibles los laminados del papel NOMEX con película de poliéster. Los

laminados de mayor uso constan de tres capas de película de poliéster colocadas entre dos capas de papel NOMEX Tipo 410 de 0,08 mm. Estos compuestos están calificados en la clase F (e.g. en VDE 0530).

Los cambios dimensionales debidos al aumento de la humedad relativa son inferiores a 1% a 65% H.R. e inferiores a 2% a 95% H.R. para el papel NOMEX T-410 (Ver Tabla IV).

Tabla IV. **Estabilidad dimensional en función de la humedad relativa**

Papel NOMEX, tipo 410 – 0,08 y 0,25mm

Humedad relativa %	0,08 mm		0,25 mm	
	Recuperación de humedad %	Expansión MD%XD%	Recuperación de humedad %	Expansión MD%XD%
Seco	0	00	0	0
50	2,9	0,40,5	3,5	0,40,5
65	4,9	0,60,8	5,1	0,60,9
95	7,7	0,91,6	8,4	1,11,8

5.-RESISTENCIA A PRODUCTOS QUIMICOS

La estructura química básica del polimero Aramid que, es responsable de la excelente estabilidad térmica del papel NOMEX, también le da una resistencia sobresaliente a una gran cantidad de productos químicos. Esta resistencia está caracterizada por:

- Prácticamente inerte a todos los solventes utilizados generalmente, a temperatura ambiente, como a ebullición.
- Compatible con todos los barnices y resinas generalmente utilizados en la industria eléctrica.
- Muy poca materia extraíble por los líquidos refrigerantes. (Freon* 11, 12 y 22).
- Compatibles con aceites minerales, bifenilos clorados y aceites de silicona utilizados en los transformadores enfriados con líquido.

Tabla V. **Resistencia a la Radiación de Electrones 2 MeV (Rayos β)**

Papel NOMEX, tipo 410 – 0,25mm

Dosis Megarads	Resistencia a la tracción retenida en %		Elongación retenida en %		Rigidez dieléctrica (electrodos de 6,4mm) Kv/mm
	MDXD		MDXD		
0	100	100	100	100	34
400	100	99	96	88	33
1600	87	86	60	47	34
6400	65	69	18	16	31

El efecto de varios productos químicos sobre la resistencia a la tracción del papel NOMEX es mostrado en la Tabla VI.

Tabla VI. **Resistencia a los productos químicos**

Papel NOMEX, tipo 410 – 0.25mm

Producto Químico	Tem p. °C	Tiempo de Exposi ción	Resistencia residual a la tracción %
H2 SO4 - 70%	21	100 h	100
H2 SO4 - 70%	95	8 h	50
HNO3 - 70%	21	100 h	50
NaOH –10%	21	100 h	10
NaOH – 10%	95	8 h	50
FREON 11	150	150 d	95
FREON 12	150	150 d	100
FREON 22	150	150 d	80
PETROLEO	200	300 h	88
ACEITE SILICONICO	150	84 d	98
PERCLORETILENO	70	7 d	99
XILENO	70	7 d	97
ALCOHOL	23	7 d	100
ISOPROPILICO	40	7 d	85
OZONO			

DIMENSIONES Y PESOS DE LOS ROLLOS STANDARD

TIPO 410

Espesor Mm	Peso del rollo en kg.		Largo M	Rendimiento m ² /kg	Peso g/m ²	Espesor mm
	Ancho 610 mm	Ancho 914 mm				
0,05	27	41	1121	25	40	0,05
0,08	29	44	764	15,9	63	0,08
0,13	33	45	440	9,1	110	0,13
0,18	33	49	315	5,9	170	0,18
0,25	35	53	242	4,2	240	0,25
0,30	34	51	180	3,2	310	0,30
0,38	37	55	163	2,7	370	0,38
0,51	38	57	115	1,9	540	0,51
0,61	42	63	101	1,5	680	0,61
0,76	41	62	83	1,2	820	0,76

Diámetro de los rollos: externo 300 ± 15 mm Ancho standard : 610 ± 4 mm
Interno 76mm 914 ± 4 mm

TIPO 414

Espesor mm	Peso del rollo en kg.	Largo M	Rendimie nto m ² /kg.	Peso g/m ²	Espesor mm
0,09	51	658	11,8	85	0,09
0,18	49	315	5,9	170	0,18
0,25	53	234	4,1	248	0,25
0,30	51	181	3,2	309	0,30
0,38	55	155	2,6	387	0,38

Diámetro de los rollos : externos 300 ± 15 mm Ancho standard : 914 ± 4 mm
Interno 76mm

TIPO 411

Espesor mm	Peso del rollo en kg.	Largo M	Rendimie nto m ² /kg.	Peso g/m ²	Espesor mm
0,13	20	505	24,4	41	0,13
0,18	20	324	15,4	64	0,18
0,25	20	266	12,8	78	0,25
0,38	20	159	7,7	130	0,38
0,58	20	104	5,0	200	0,58

Diámetro de los rollos : externos 300 ± 15 mm Ancho standard : 965 ± 7 mm

CIMED LTDA. Aislantes Eléctricos

CAMINO EL OTOÑO SITIO 6 PARCELA 8- LAMPA- SANTIAGO

FONO: 562-7453744- FAX: 562- 7453785

www.cimed.cl

Información Técnica

N.M.N (Nomex, Mylar, Nomex) CLASE TERMICA F (155°C)

LAMINADO AISLANTE FLEXIBLE

El aislante flexible (NMN) está compuesto por un Film de Poliéster (PETP), recubierto por ambas caras con papel Poliamida calandrado (NOMEX) y un adhesivo termoestable.

El N.M.N es un mejoramiento del papel Poliamida en cuanto a valores dieléctricos más elevados y regulares. Posee mayor resistencia a la rotura y menor absorción de humedad. Se utiliza como aislante de ranura y de entre-fase en motores y en bobinas de transformadores.

CARACTERISTICAS TECNICAS (Espesor 0.28 mm)

Perforación dieléctrica NFC 26225 (KV)	15
Constante dieléctrica 50 Hz 25°C ASTM 150-65.....	nc
Factor de disipación tg 50 Hz 25°C NFC 26230	nc
Resistencia específica a 25°C NFC 26230 y NFC 26143.....	nc
Punto de fusión FISHER JONES (°C)	>250
Punto de reblandecimiento ASTM D 876-65 (°C).....	>245
Temperatura de utilización continua NFC 26205 (°C).....	180
Temperatura de utilización discontinua NFC 26205 (°C).....	190
Temperatura mínima de utilización NFC 26205 (°C).....	-180 en N2 líquido
Calor específico NF PRG 62011 y ASTM C 518 (cal/g °C)	0.3

Conductividad térmica NF PRG 62011 y ASTM C 518 (W/m °C).... nc	
Coeficiente de dilatación lineal. 30 a 50°C ASTM D 696-44 (mm/°C) 3 .10(-5)	
Resistencia a la tracción en sentido longitudinal NF 26143 (DaN/cm2)	2800
Resistencia a la tracción en sentido transversal NF 26143 (DaN/cm2)	nc
Alargamiento a la rotura en sentido longitudinal NF 26143 (%) 22	
Alargamiento a la rotura en sentido transversal NF 26143 (%) nc	
Contracción 30 min. a 160°C (%) 2	
Absorción al agua (%) <0.6	

ESPESOR	TOTAL ESPESOR
FILMGRAMAJE AISLAMIENTO PRESENTACION	

REF.(mm)(micras)(grs/m2)(V)		
0.15 +- 10%36 900 mm	152 +- 10%7000	134 ml x
0.20 +- 10%75 900 mm	215 +- 10%9000	134 ml x
0.25 +- 10%125 900 mm	280 +- 10%12000	134 ml x
0.32 +- 10%190 900 mm	360 +- 10%15000	134 ml x
0.47 +- 10%350 900 mm	575 +- 10%28000	134 ml x

CORTE

Bajo demanda puede suministrarse en rollos, formatos o piezas troqueladas. La tolerancia de corte es: +0.2-0.2mm. En el caso de que la suma total de los anchos de los rollos, sea inferior al ancho standard de la bobina, la merma superior a 20 mm., será bobinada y servida con los rollos.

El diámetro interior standard de los tubos de cartón es de 70 mm. NOMEX: Marca registrada por DU PONT DE NEMOURS.

*La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.



ANEXO 2
BARNIZ DIELECTRICO



S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.
Aislantes eléctricos

INFORMACION TECNICA

Edición:17.03.05

ROYALAC 240
BARNIZ DIELECTRICO

CLASE TERMICA F (155°C)
SECADO AL HORNO

El barniz de impregnación ROYALAC 240, está elaborado a base de resinas sintéticas de tipo termoendureciente. Su secado se efectúa por polimerización y se obtienen bobinados muy compactos, con gran dureza e inmejorable adherencia y elasticidad. Presenta buena compatibilidad sobre hilos esmaltados y demás aislantes.

CAMPO DE APLICACION

Barniz muy apropiado para impregnar bobinados que requieran mucha cohesión y adherencia. Su campo de aplicación más específico son los transformadores. Debido a la gran dureza, elasticidad y adherencia del barniz ROYALAC 240, ha sido comprobado que elimina las vibraciones que se producen en las chapas del transformador, ocasionadas por el campo magnético que forma la bobina. Igualmente apropiado para la impregnación de inducidos que deban resistir los efectos de la fuerza centrífuga y temperatura de funcionamiento elevada.

MODO DE EMPLEO

Los métodos de aplicación del barniz Royalac 240 son los tradicionales. Al autoclave con vacío-presión o por inmersión. Recomendamos hacer las inmersiones de los bobinados a temperatura ambiente o máximo a 40°C, a fin de evitar fenómenos de aglutinación del barniz y defectos de impregnación. El tiempo de secado práctico de un pequeño transformador será de 3 horas aproximadamente y en un motor de 5 HP de 5 ó 6 horas aproximadamente. La temperatura de secado debe ser de 130-140°C.

CARACTERISTICAS FISICAS

Color.Dorado.
Densidad a 20°C (grs/cm³).....0.970
Viscosidad Copa Ford N° 4 a 20°C (seg).....45+-5
Materia fija (%).....46+-2
Clasificación Térmica.....F (155°C)
Tiempo de secado sobre placa a 135°C (min)55
Película resultanteBrillante, adherente, flexible y dura.
Estabilidad almacenaje a 20°C.....12 meses.

CARACTERISTICAS DIELECTRICAS

Perforación dieléctrica sobre placa de cobre por grueso de película 0.01 mm:
ESTADO NATURAL.....1300 V
Después de 24 horas en HCl 50%1100 V
Después de 8 días al aire (90 % humedad).....1200 V
Después de 8 días en agua destilada1150 V
Después de 8 días en aceite de transformadores1350 V

DILUYENTE

En caso que se desee reducir la viscosidad, debe emplearse nuestro DILUYENTE F-5 ó DILUYENTE F-O.

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de hojalata litografiados y precintados de 5 y 25 litros.
En bidones de plancha de hierro de 50, 100 y 200 litros.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es





S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.
Aislantes eléctricos

INFORMACION TECNICA

Edición: 17.03.05

ROYASIL CSP

CABLE SILICONA POLIESTER

CLASE TERMICA H

-60°C +180°C

El cable ROYASIL CSP, se compone de un conductor de Cobre rojo Clase 5 NFC 32-013, Caucho de silicona y Trenza poliéster revestida. Los colores son BLANCO, AZUL, MARRÓN y ROJO.

CARACTERISTICAS

Temperaturas servicio continuo: - 60°C a + 180°C, puntas a 230°C. Buena resistencia a los choques térmicos y UV. Excelente envejecimiento. Buena resistencia a la humedad y a las atmósferas químicas usuales. Elevadísima resistencia mecánica. Compatibilidad con la mayoría de los barnices de impregnación. Tensión de empleo: 500 V - Tensión de prueba: 2000 V. Tensión disruptiva: >6000 V. Intensidad máx admisible para ambiente 170°C. Resistencias lineicas.

CAMPO DE APLICACION

Cableados de máquinas rotativas. Motores. Alternadores. Generadores y máquinas estáticas. Transformadores. Bobinas (clase H). La trenza poliéster siliconada es un refuerzo mecánico muy bueno.

NUCLEO		HILO O CABLE AISLADO		
SECCION NOMINAL mm ²	COMPOSICION NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR mm	MASA LINEICA kg/km	RESISTENCIA LINEICA 20°C Ohm/Km
0.25	08 x 0.20	1.8	5.30	78.6
0.5	16 x 0.20	2.0	8.00	52.4
0.75	24 x 0.20	2.2	10.9	26.0
1.0	32 x 0.20	2.3	13.4	19.5
1.5	30 x 0.25	2.7	19.8	13.3
2.5	50 x 0.25	3.4	30.7	7.98
4.0	56 x 0.30	4.2	48.0	4.95
6.0	84 x 0.30	5.2	73.0	3.30
10	80 x 0.40	7.0	129	1.91
16	126x 0.40	8.6	198	1.21
25	196x 0.40	10.4	295	0.78
35	276x 0.40	11.9	399	0.554
50	396 x 0.40	14.1	562	0.386
70	360 x 0.50	15.9	759	0.272
95	485x 0.50	18.2	1024	0.206
120	608 x 0.50	20.3	1275	0.161
150	756x 0.50	22.8	1587	0.129
185	944x 0.50	24.8	1952	0.106
240	1221 x 0.50	28.8	2560	0.0801
300	1525 x 0.50	31.5	3095	0.0641
400	2037 x 0.50	35.4	5130	0.0486

FORMA DE SUMINISTRO

En coronas de 100 m según sección, en bobinas o carretes recuperables. Tolerancia de peso y diámetro: +- 5 %.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es

NORMAS DE FABRICACIÓN

: N.T.P. 370.045

Tensión de Servicio : Depende de los aisladores utilizados en su instalación.

Temperatura de operación : 75°C

DESCRIPCIÓN

Conductor de cobre electrolítico duro de 99,9% de pureza, cubierta protectora de polietileno termoplástico negro resistente a la intemperie y envejecimiento.

USOS

Redes de distribución primaria y secundaria. Tendidos a la intemperie en plantas industriales, minas etc. Tensiones mayores o iguales a 600 V, requiere aisladores.

CARACTERÍSTICAS

Inmejorables propiedades para soportar las condiciones de intemperie como humedad, ozono, luz solar y calor, resistencia a la fatiga, hongos y abrasión, acción de humos, ácidos y álcalis. La protección no debe considerarse como aislamiento.

EMBALAJE

En carretes de madera longitudes requeridas por el cliente.

COLORES

Negro

CALIBRE

18 AWG - 7 AWG

: 4

:14 AWG - 300 MCM

- 185 mm²



Imprimir 



S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.
Aislantes eléctricos

INFORMACION TECNICA

Edición: 30.03.07

ROYASIL TPT

CABLE RESISTENTE FREON

CLASE TERMICA B

-60°C +130°C

El cable ROYASIL TPT, se compone de un conductor de Cobre rojo, Film Poliéster y Trenza poliéster no recubierta.

CARACTERISTICAS

Temperaturas servicio continuo: - 60°C a + 130°C, buena resistencia al freón y aceites de refrigeración. Excelente resistencia a los alcoholes y disolventes. Tensión de empleo: 600V - Tensión de prueba: 2500V Tensión disruptiva: 5000V.

CAMPO DE APLICACION

Cableado de motores para grupos herméticos.

SECCION NOMINAL mm ²	NUCLEO		HILO AISLADO		CARACT. ELECT.	
	COMPOSICION	MASA COBRE kg/km	DIAMETRO EXTERIOR mm	MASA LINEICA kg/km	RESISTENCIA LINEICA 20°C Ohm/km	INTENSIDAD MAX. 170°C Amp.
0.75	42 x 0.15	7.2	2.1	8.8	32.9	5
0.82	65 x 0.127	7.9	2.2	10.0	28.0	6
1	32 x 0.20	9.6	2.3	11.2	19.1	7
1.33	105 x 0.127	12.8	2.5	14.0	15.0	9
1.5	30 x 0.25	14.4	2.6	16.8	12.0	10
2.12	168 x 0.127	20.3	3.0	24.7	9.5	12
2.13	7x27x0.12	20.4	3.0	24.8	9.5	12
2.50	50 x 0.25	24.0	3.3	29.2	7.6	13
3.32	7x42x0.12	31.9	3.7	38.5	5.5	15
4	56 x 0.30	38.0	3.8	43.8	4.85	17
6	84 x 0.30	58.0	4.3	65.0	3.23	22
10	80 x 0.40	96.0	6.5	115.5	1.85	30
16	126 x 0.40	154.0	8.2	181.0	1.18	40
25	196 x 0.40	240.0	8.9	280	0.75	52
35	276 x 0.40	336.0	10.5	385	0.53	64
50	396 x 0.40	480.0	13.8	550	0.37	76

Tolerancia de peso y diámetro: +- 5%.

FORMA DE SUMINISTRO

En coronas de 25, 50 a 200 m según sección, en bobinas o carretes recuperables. También existen en tensiones nominales 3,7 KV, 6,6 KV, 13,8 KV.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es



ANEXO 4

CINTAS FLEXIBLES DIELECTRICAS

Información Técnica



Materiales Auxiliares

Cinta Vidrio 0901.doc

CINTA VIDRIO VIRGEN

1/1

CINTA VIDRIO VIRGEN 0901

Cinta plana tejida sin imprimación

Composición: Cintas planas tejidas a partir de hilo simple torsionado, sin ningún tipo de acabado o imprimación.

Propiedades: Gran resistencia a la tracción, a las altas temperaturas y a los agentes químicos y atmosféricos. Incombustibilidad absoluta. Poseen una alta rigidez dieléctrica un vez impregnadas, baja elongación a la rotura, estabilidad dimensional, gran compatibilidad con matrices tanto orgánicas como inorgánicas, durabilidad, baja conductividad térmica. Resistente a los U.V.

Aplicaciones: Aplicaciones electromecánicas en general. Sujeción de bobinados, bobinas de transformadores, aislamiento de cables. Puede ser impregnado para obtener un producto rígido altamente aislante.

Características Técnicas

Propiedades	Unidad	Valor	Valor	Valor
Espesor nominal	mm	0.08	0.13	0.18
Tolerancias	mm	0.020	0.020	0.025
Densidad	g/cm ³	1.44	1.3	1.22
Tipo fibra	Trama	n° hilos/cm	22±1	22±1
	Urdimbre	n° hilos/cm	16±1	12±1
Peso por metro	g/10mm	1.15	1.70	2.20
Resistencia a tracción	kg/cm	20	30	35
Coefficiente de conductividad térmica	kcal/m·h·°K	0.089		
Calor específico	kcal/kg·°K	0.19		
Elongación a la rotura	%	3	5	4
Constante dieléctrica	50Hz	6.43		
	1 MHz	6.11		
Factor de pérdidas	50 Hz	0.0042		
	1 Mhz	0.0006		
Combustibilidad	-	Incombustible		
Clase térmica		> 180°C (Clase H)		

Almacenamiento: Ilimitado en condiciones normales.

Disponibilidad: En rollos de anchuras desde 10 mm hasta 40 mm en pasos de 5 mm.
Longitud standard de los rollos: 50 metros. En paquetes de 10 rollos.

Manipulación: No doblar ni someter a rozamiento las fibras de vidrio. La manipulación debe hacerse utilizando protección para evitar el contacto de la cinta con la piel y los ojos.



ANEXO 5
TUBO AISLANTE FLEXIBLE “SPAGUETY”

	<p>S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A. Aislantes eléctricos</p>	
<p>INFORMACION TECNICA</p>		<p>Edición:17.03.05</p>

ROYAFLEX "F"
TUBO AISLANTE FLEXIBLE

CLASE TERMICA F (155°C)
-30°C +170°C

El ROYAFLEX "F", es un tubo compuesto por un trenzado de Vidrio, recubierto con un barniz de Poliuretano.

COLORES

El color standard es Natural (Crudo). Bajo demanda podemos suministrar otros colores: Amarillo, Verde, Marrón, Rojo, Negro, Azul, Blanco, Naranja, Violeta, etc.

CAMPO DE APLICACION

Su empleo es adecuado en motores, aparatos y máquinas de la clase térmica "F" (155°C), como por ejemplo: transformadores, construcciones eléctricas y electrónicas, cableado de electrodomésticos y de calefacción, cableado de máquinas útiles y máquinas electrotérmicas para el trabajo con plásticos y caucho. En definitiva es apto para el aislamiento de componentes eléctricos a temperaturas inferiores a 170°C.

CARACTERISTICAS TECNICAS (SEGUN NORMAS UNE 21375-93/DIN 40620)

TERMICAS

Clase térmica "F"
 Temperatura de servicio..... 155°C
 Temperatura máx. utilización..... 170°C
 Aguanta el contacto del hierro al soldar.

ELECTRICAS

Tensión de perforación en seco..... 3000 V

QUIMICAS

Resistencia a los productos químicos.
 Etanol..... Muy buena
 Toluol Buena
 Aceite Muy buena
 Pyraleno Buena
 Agua Muy buena
 Acido Sulfúrico Regular
 Buena compatibilidad con barnices de impregnación clase "F". Muy buena resistencia a la humedad y a los hongos.

MECANICA

Buena elasticidad / Buena resistencia al doblado / Buena resistencia al envejecimiento.
 Resistencia a la tracción 33.1 N/mm²
 Alargamiento a la rotura..... 17.2 %

FORMA DE SUMINISTRO

Diámetro interior (mm)	Longitud rollo (ml).
0.5/1/1.5	200
2/2.5/3/4	100
5/6/7/8/10/12/14/16.....	50

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

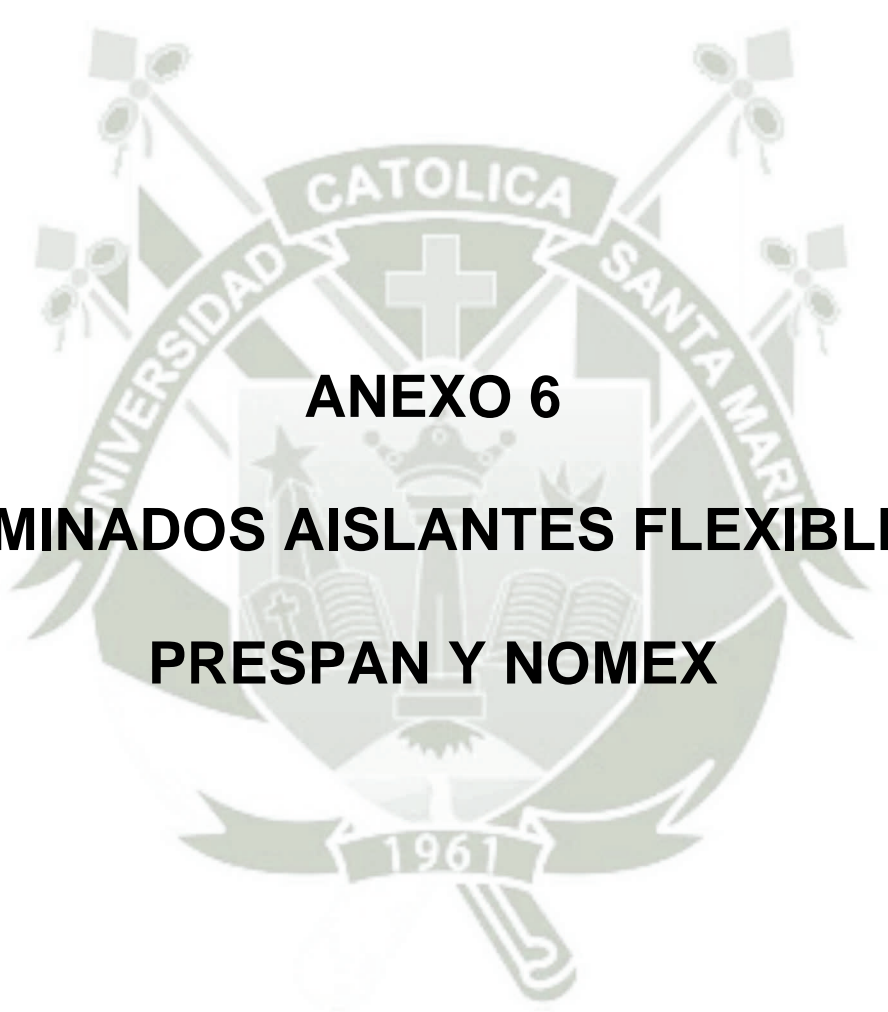
S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España
 e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es



ANEXO 6
LAMINADOS AISLANTES FLEXIBLES
PRESPAN Y NOMEX

	<p>S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A. Aislantes eléctricos</p>	
<p>INFORMACION TECNICA</p>		<p>Edición:17.03.05</p>

FILM POLIESTER
AISLANTE FLEXIBLE

CLASE TERMICA B (130°C)

El aislante flexible FILM POLIESTER es una lámina de Politereftalato de Etilenglicol (PETP), de excelentes propiedades físicas y dieléctricas. Muy resistente al frio y al calor (-70°C a 150°C).

CAMPO DE APLICACION

Se utiliza en el aislamiento eléctrico de motores y transformadores (ranura y entre-fase).

CARACTERISTICAS TECNICAS

	23	36	50	75	100	125	190	250	350
Espesor(micras)									
Gramaje (grs/m ²)	32	50	70	105	142	174	265	349	480
Resistencia tracción (MPa) NF 26143 s.longitudinal	200	220	200	190	190	190	190	190	190
Alargamiento rotura (%) NF 26143 s. longitudinal	130	130	130	140	150	150	190	210	240
Contracción s. longi. (%) 30 min. 150 °C	1.5	2.0	1.5	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Perforación dieléctrica (KV) NFC 26225	6	7	8.5	11	13	15.5	20	22	23

PRESENTACION

En bobinas hasta 1010 mm de ancho, con diferentes longitudes según espesor del film.
Bajo demanda puede suministrarse en rollos, formatos o piezas troqueladas. La tolerancia de corte es: +0.2 - 0.2mm.
En el caso de que la suma total de los anchos de los rollos, sea inferior al ancho standard de la bobina, la merma superior a 20 mm, será bobinada y servida con los rollos. El diámetro interior standard de los tubos de cartón es de 70 mm.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es



S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.
Aislantes eléctricos

INFORMACION TECNICA

Edición: 17.03.05

THERNOMID NC

CLASE TERMICA F (155°C)

LAMINADO AISLANTE FLEXIBLE

El aislante flexible THERNOMID NC (NMN) está compuesto por un Film de Poliéster (PETP), recubierto por ambas caras con papel Poliamida no calandrado (NOMEX) y un adhesivo termoestable.
El THERNOMID NC se utiliza como aislante de entre-fase y en el encintado de pletinas. Debido a su superficie esponjosa, posee un alto poder de absorción de barnices/resinas en el proceso de impregnación. Se adapta perfectamente a la geometría de las cabezas de bobinas.

CARACTERISTICAS TECNICAS (Espesor 0.30 mm)

Perforación dieléctrica NFC 26225 (KV).....	6
Constante dieléctrica 50 Hz 25°C ASTM 150-65	nc
Factor de disipación tg 50 Hz 25°C NFC 26230	nc
Resistencia específica a 25°C NFC 26230 y NFC 26143.....	nc
Punto de fusión FISHER JONES (°C)	>250
Punto de reblandecimiento ASTM D 876-65 (°C)	>245
Temperatura de utilización continua NFC 26205 (°C)	155
Temperatura de utilización discontinua NFC 26205 (°C)	190
Temperatura mínima de utilización NFC 26205 (°C)	-180 en N ₂ líquido
Calor específico NF PRG 62011 y ASTM C 518 (cal/g °C)	0.3
Conductividad térmica NF PRG 62011 y ASTM C 518 (W/m °C).....	nc
Coefficiente de dilatación lineal. 30 a 50°C ASTM D 696-44 (mm/°C)	3 .10 ⁻⁵
Resistencia a la tracción en sentido longitudinal NF 26143 (DaN/cm ²)	nc
Resistencia a la tracción en sentido transversal NF 26143 (DaN/cm ²)	nc
Alargamiento a la rotura en sentido longitudinal NF 26143 (%)	nc
Alargamiento a la rotura en sentido transversal NF 26143 (%)	nc
Contracción 30 min. a 160°C (%)	2
Absorción al agua (%)	<0.6

ESPEJOR TOTAL	ESPEJOR FILM	GRAMAJE	AISLAMIENTO	PRESENTACION
REF. (mm)	(micras)	(grs/m²)	(V)	
0.30 +- 15%	36	150 +- 10%	6000	105 ml x 950mm

CORTE

Bajo demanda puede suministrarse en rollos, formatos o piezas troqueladas.

La tolerancia de corte es: +0.2 -0.2mm.

En el caso de que la suma total de los anchos de los rollos, sea inferior al ancho standard de la bobina, la merma superior a 20 mm., será bobinada y servida con los rollos.

El diámetro interior standard de los tubos de cartón es de 70 mm.

NOMEX: Marca registrada por DU PONT DE NEMOURS.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.

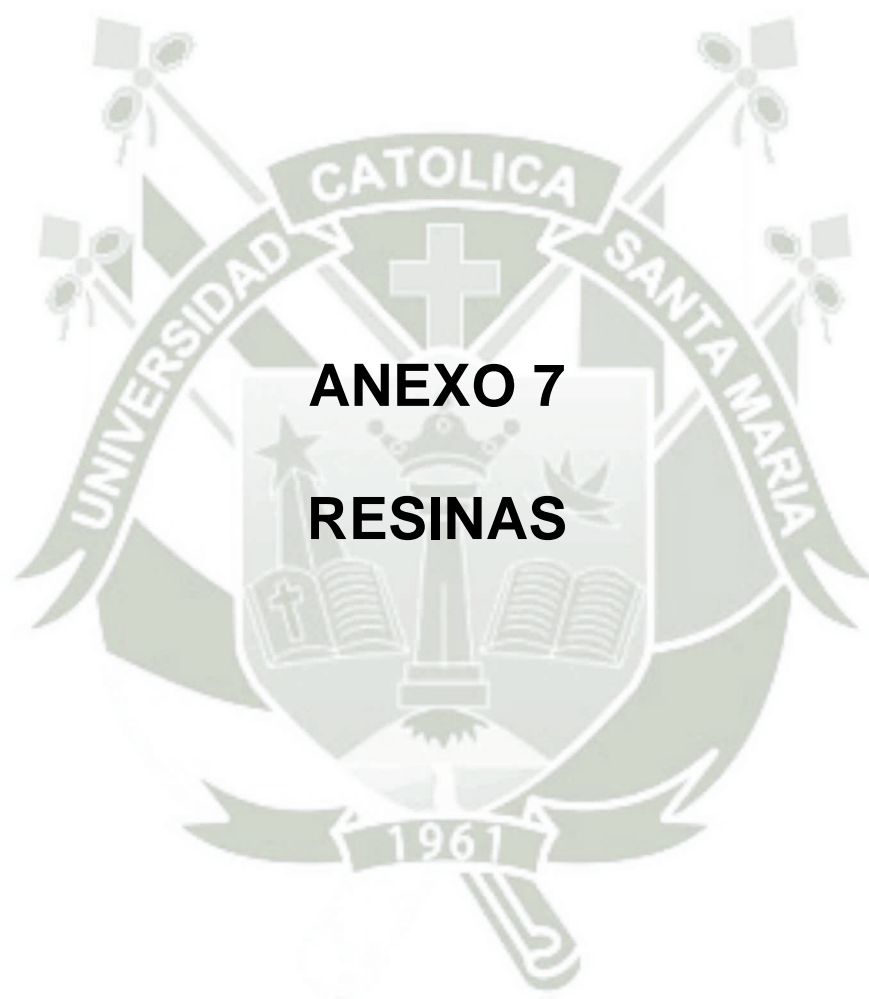
Tel: 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es





S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.
Aislantes eléctricos

INFORMACION TECNICA

Edición: 17.03.05

DIAPOL 509

RESINA PU FLEXIBLE

RESISTENCIA A LA TEMPERATURA

-50 + 130 °C

*Resina sin disolventes*Polimeriza al 100% . *Baja absorción de agua.*Endurecimiento a temperatura ambiente.

*Nula agresividad química.*Buena estabilidad dimensional.*Baja reacción exotérmica.*Gran adherencia a los metales y plásticos.*Contracción y pérdida de peso nulas.*Mantiene la flexibilidad a temperaturas bajo cero.*Soporta cambios bruscos de temperatura.*Amotigua vibraciones. *Resistente a los aceites y álcalis.

CAMPO DE APLICACION

Resina de colada para múltiples aplicaciones eléctricas y electrónicas(ej: reactancias, arrancadores, condensadores, canalizaciones, empalmes subterráneos, electroimanes, etc...).

PRESENTACION

La resina DIAPOL 509 se suministra en dos componentes separados y predosificados: la resina de color Gris y el CATALIZADOR 500. (bajo demanda puede fabricarse en otros colores).

La relación de mezcla en peso (Resina/Catalizador) es de 100/10. Los recipientes estancos y precintados, deben ser almacenados a temperatura ambiente(15 – 25°C). De esta forma tendrán más de 1 año de tiempo de vida. Debido a que con el tiempo la carga mineral tiende a depositarse en el fondo del envase, debe homogeneizarse la resina antes de ser empleada.

PREPARACION Y COLADA

La resina DIAPOL 509 se puede mezclar con su catalizador a temperatura ambiente, según la dosificación 100/10. Pero para conseguir una mejor calidad en el acabado de la aplicación, recomendamos precalentar la resina a 50°C aprox. El empleo de máquinas mezcladoras-dosificadoras automáticas, favorece la manipulación de este producto. Si se desea desencapsular la resina polimerizada, se deberá aplicar nuestro AGENTE DESMOLDEANTE en el molde. Para piezas encapsuladas que deban presentar max. caract. eléctricas recomendamos realizar la colada bajo vacío.

CARACTERISTICAS

	DIAPOL 509	CATALIZADOR 500	MEZCLA 100/10
Viscosidad a 25°C (mPa.s)	12000 +- 2000	200 +- 50	10000 +- 2000
Densidad 20°C a (grs/cm ³)	1.55 +- 0.04	1.23 +- 0.01	1.55 +- 0.02

Pot Life a 25°C (min)	120-140
Polimerización total	10h. a 60°C
Dureza Shore A	80
Resistencia a la tracción (MPa).....	1.8
Alargamiento a la rotura (%)	10
Absorción agua 24h,20°C (% peso).....	0.1-0.2
Rigidez dieléctrica, 50Hz,20°C (KV/mm)	15
Resistencia superficial (Ohm).....	3.10 ¹⁴
Resistencia específica (Ohm.cm)	3.10 ¹³
Factor de disipación tg,50Hz,20°C.....	0.04
Constante dieléctrica, 50Hz, 20°C	4.2
Resis. defor. térmica Pto. Martens (°C).....	20
Conductividad térmica (W/mK)	0.5-0.6

FORMA DE SUMINISTRO

En Bidones metálicos de 1, 5, 25, 140, 300 Kgs y Contenedores de 1000Kg.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es



ANEXO 8
BARNICES DE IMPREGNACIÓN

	<p align="center">S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A. Aislantes eléctricos</p>	
---	--	--

<p align="center">INFORMACION TECNICA</p>	<p align="center">Edición:17.03.05</p>
--	---

ROYALAC 210 SR
BARNIZ DIELECTRICO

CLASE TERMICA H (180°C)
FÁCIL SECADO AL HORNO

El barniz de impregnación ROYALAC 210 SR, está elaborado a base de resinas siliconas puras, debe aplicarse sobre toda clase de materiales sometidos a condiciones sumamente desfavorables, elevadas temperaturas, productos y humos agresivos, envejecimiento, humedad, tropicalización, etc....

CAMPO DE APLICACION

Barniz muy apropiado para aplicar sobre el aparellaje eléctrico que deba responder a la clase térmica "H". Es decir, servicio de funcionamiento en continuo a temperatura de 180°C admitiendo puntas más elevadas. Debe tenerse en cuenta que siempre que se proceda a un aislamiento clase H hay que prescindir de los aislantes orgánicos corrientes : algodón, seda, barnices grasos, etc.... debiendo utilizarse solamente materias que resistan las elevadas temperaturas: fibras, tejidos de vidrio, mica, etc.....

MODO DE EMPLEO

Los métodos de aplicación del barniz Royalac 210 SR son los tradicionales. Al autoclave con vacío-presión o por inmersión. La viscosidad de barniz es adecuada para una buena penetración, no obstante, puede diluirse si se precisa mayor fluidez. Después del escurrimiento se introducen los bobinados a la estufa a temperatura ambiente (máximo 40°C) y se aumenta ésta hasta 110-120°C, estabilizándola durante 2 horas aproximadamente para conseguir la evaporación de la mayor parte de los disolventes. Todos los tiempos citados pueden ser disminuidos o aumentados según el volumen de los bobinados.

CARACTERISTICAS FISICAS

ColorAmarillo pálido
 Densidad a 20°C (grs/cm³)1.03
 Viscosidad Copa Ford N° 4 a 20°C (seg)35+-5
 Materia fija (%)50+-2
 Clasificación TérmicaH (180°C)
 Película resultanteBrillante, adherente, muy dura y flexible.
 Estabilidad almacenaje a 20°C12 meses.

CARACTERISTICAS DIELECTRICAS

Perforación dieléctrica sobre placa de cobre por grueso de película 0.01 mm:
 ESTADO NATURAL930 V
 Después de 8 días al aire (90 % humedad)810 V
 Después de 8 días en agua destilada770 V
 Resistencia térmica continuada180°C

DILUYENTE

En caso que se desee reducir la viscosidad, debe emplearse nuestro DILUYENTE F-5 incorporándolo al barniz con agitación hasta conseguir una buena homogenización. El barniz ROYALAC 210 SR no contiene bencol, sus disolventes son hidrocarburos aromáticos y alifáticos.

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de hojalata litografiados y precintados de 2 ,5 y 25 litros.
 En bidones de plancha de hierro de 50, 100 y 200 litros.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A. Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España
 Tel- 93 791 80 06 Fax: 93 791 91 25 e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es www.royal-diamond.es



S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.
Aislantes eléctricos

INFORMACION TECNICA

Edición:17.03.05

ROYALAC 30

CLASE TERMICA B (130°C)

BARNIZ DIELECTRICO

SECADO AL AIRE

El barniz de impregnación ROYALAC 30, está elaborado a base de resinas sintéticas, secando al aire con gran rapidez.

Su baja viscosidad, le permite una buena penetración en los bobinados. Su rapidez de secado, 25 minutos en capa fina, facilita la manipulación del material, al poco tiempo de ser impregnados.

Presenta buena compatibilidad sobre hilos esmaltados y demás aislantes.

CAMPO DE APLICACION

Por su condición de secado al aire, resulta idóneo para la reparación en general. Motores standard y material estático, es su campo de aplicación principal.

También es apropiado para el barnizado de chapa magnética, aplicándolo a pistola o por rodillo inductor.

En este caso puede secarse al aire, o bien por calor en pocos minutos.

MODO DE EMPLEO

Los métodos de aplicación del ROYALAC 30, son los tradicionales. Suele hacerse por inmersión del bobinado. Si se emplea como barniz de acabado, puede aplicarse a pincel o con pistola.

El tiempo de secado, práctico sobre un motor de 5HP, es aproximadamente de 4 a 5 horas, en un ambiente de 20°C. Cuando el bobinado es de considerable dimensión o cuando ofrece dificultades de evaporación (bobinados cerrados), recomendamos un secado de 2 horas a 100-120°C.

CARACTERISTICAS FISICAS

Color	Dorado / Incoloro.
Densidad a 20°C (grs/cm ³)	0.920
Viscosidad Copa Ford N ^o 4 a 20°C (seg)	18 +- 4
Materia fija (%)	30 +- 2
Tiempo de secado sobre placa a 20°C (min.)	25
Espesor de la película (micras)	20
Película resultante	Brillante, adherente, elástica y uniforme.
Clase térmica	B (130°C)
Estabilidad almacenaje a 20°C	12 meses.

CARACTERISTICAS DIELECTRICAS

Perforación dieléctrica sobre placa de cobre por grueso de película 0.01mm:

ESTADO NATURAL	1200 V
Después de 24h en HCl al 5%	1100 V
Después de 8 días al aire (90% de humedad)	970 V
Después de 8 días en agua destilada	950 V
Después de 8 días en aceite de transformadores	1300 V

DILUYENTE

En el caso que se desee reducir la viscosidad, debe emplearse nuestro DILUYENTE F o DILUYENTE F-5.

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de hojalata litografiados y precintados de 2, 5 y 25 litros.

En bidones de plancha de hierro de 50, 100 y 200 litros.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.
Tel- 93 791 80 06 Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España
e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es www.royal-diamond.es

	<p>S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A. Aislantes eléctricos</p>	
	<p>INFORMACION TECNICA</p>	<p>Edición:19.09.2007</p>

ANTIFLASH 214 SR
ELECTROESMALTE ROJO

CLASE TERMICA H (180°C)

El electroesmalte ANTIFLASH 214 SR, está elaborado a base de resinas silicona modificadas y pigmento inorgánico rojo. Debe aplicarse sobre toda clase de materiales sometidos a condiciones sumamente desfavorables, elevadas temperaturas, productos y humos agresivos, envejecimiento, humedad, tropicalización, etc....

CAMPO DE APLICACION

Electroesmalte muy apropiado para aplicar sobre el aparellaje eléctrico que deba responder a la clase térmica "H". Es decir, servicio de funcionamiento en continuo a temperatura de 180°C admitiendo puntas más elevadas.

Debe tenerse en cuenta que siempre que se proceda a un aislamiento clase H hay que prescindir de los aislantes orgánicos corrientes : algodón, seda, barnices grasos, etc.... debiendo utilizarse solamente materias que resistan las elevadas temperaturas: fibras, tejidos de vidrio, mica, etc.....

MODO DE EMPLEO

Se aplica normalmente a pincel sobre las partes externas del bobinado o interior de carcasa del motor. Puede igualmente emplearse a pistola, después de diluirlo convenientemente. El secado se efectúa a temperatura ambiente. Si se desea mayor rapidez de secado, pueden pintarse los bobinados calientes (80°C) a la salida del horno. Se recomienda remover bien el producto antes de su aplicación, a fin de homogeneizar las cargas minerales que contiene.

CARACTERISTICAS FISICAS

Color.Rojo (RAL 3011)
 Densidad a 20°C (grs/cm³).....1.04
 Viscosidad Copa Ford N° 4 a 20°C (seg).....45+-10
 Materia fija (%).....50+-5
 Clasificación Térmica.....H (180°C)
 Película resultanteBrillante, adherente, muy dura y flexible.
 Estabilidad almacenaje a 20°C.....12 meses.
 Secado tacto sobre placa 20°C (min.)15
 Secado en profundidad (min.)60-90

CARACTERISTICAS DIELECTRICAS

Perforación dieléctrica sobre placa de cobre por grueso de película 0.01 mm:
 ESTADO NATURAL.....930 V
 Después de 8 días al aire (90 % humedad).....810 V
 Después de 8 días en agua destilada770 V
 Resistencia térmica continuada180°C

DILUYENTE

En caso que se desee reducir la viscosidad, debe emplearse nuestro DILUYENTE F-5 incorporándolo al barniz con agitación hasta conseguir una buena homogeneización.

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de hojalata litografiados y precintados de 1,5 y 25 litros.
 En bidones de plancha de hierro de 50, 100 y 200 litros.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es

	<p>S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A. Aislantes eléctricos</p>	
---	---	--

	<p>INFORMACION TECNICA</p>	<p>Edición:17.03.05</p>
--	-----------------------------------	--------------------------------

ROYALAC WE 203 (25%)
BARNIZ AL AGUA

CLASE TERMICA H (180°C)
HOMOLOGADO UL E104619

El barniz ROYALAC WE 203 (25%), es un barniz de impregnación en solución acuosa, a base de resinas Alquídicas modificadas, de polimerización al horno. El barniz ROYALAC WE 203 (25%), se caracteriza por su elevado poder aglomerante (gran cohesión) y su buena resistencia a los agentes químicos, (Freón 22 y Pyraleno).

CAMPO DE APLICACION

Material electrotécnico que necesite resistencia térmica a la Clase H. Motores de grupos herméticos.

MODO DE EMPLEO

Se recomienda precalentar las piezas a tratar a una temperatura de 60°C para facilitar la penetración del barniz en el interior del bobinado, especialmente en el caso de motores bobinados con hilos delgados. Impregnación, hasta desaparición de burbujas. Ecurrido. Polimerización al horno. Es aconsejable utilizar una cuba de impregnación de acero inoxidable o de plástico, para evitar posibles fenómenos de oxidación. Polimerización: Después de mantener la temperatura a 95°C aproximadamente, durante 1 a 3 horas, para evacuar totalmente el disolvente, recomendamos las condiciones de polimerización siguientes: 3 horas a 150°C ó 1 hora a 180°C, para materiales que no tengan ninguna exigencia de resitencia a algún agente químico agresivo. 4 horas a 150°C ó 1,30 horas a 180°C si se ha de exigir al barniz todas sus propiedades de resistencia química. De todas formas estas condiciones de polimerización pueden variar según la dimensión o la geometría de las piezas a tratar.

CARACTERISTICAS FISICAS

ColorAmarillento.
Densidad a 20°C (gr/cm³).....1.01
Viscosidad Copa Ford Nº 4 a 20°C (seg)15+-3
Materia fija (%).....25+-2
pH...8.5
Punto inflamación Crisol cerrado (°C)56
Estabilidad almacenaje a 20°C.....4 meses

CARACTERISTICAS DIELECTRICAS Y MECANICAS

Tensión de perforación espesor 0.01 mm.....1100 V
Constante dieléctrica a 20°C.....2.01
Factor de pérdidas a 20°C.....0.0071
Poder aglomerante 20/100/155°C.....20/9/2.5 DaN

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de plástico de 25 lts.
En bidones de plancha tratada internamente de 200 lts.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España
e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es

	<p>S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A. Aislantes eléctricos</p>
---	---

<p>INFORMACION TECNICA</p>	<p>Edición:17.03.05</p>
-----------------------------------	--------------------------------

ANTI-FLASH 505
ELECTROESMALTE 2 COMP.

CLASE TERMICA F (155°C)
SECADO AL AIRE

El electroesmalte ANTI-FLASH 505, es un anti-arco de naturaleza química Epoxi de 2 componentes, que una vez mezclados, endurecen a temperatura ambiente. Forman un recubrimiento duro adherente y brillante. Es de color Rojo y lleva incorporadas cargas minerales que le confieren buenas propiedades de conductividad térmica.

CAMPO DE APLICACION

Como producto anti-arco: Para proteger al bobinado contra las chispas que puedan producirse entre el colector y la bobina o entre el colector y la carcasa metálica del motor.

Como producto de protección: Para proteger bobinados o superficies que estén expuestos a la humedad (motores marinos), o sometidos a vapores químicos y en general a condiciones ambientales agresivas.

Un bobinado protegido con ANTI-FLASH 505 presenta una superficie unida, donde el agua, el polvo y partículas metálicas no tienen posibilidad de actuar. Un motor tratado con ANTI-FLASH 505 posee mayor seguridad de funcionamiento.

MODO DE EMPLEO

Mezclar el ANTI-FLASH 505 con el ENDURECEDOR 505 en proporción 100/30 en peso. Seguidamente, aplicar a pincel sobre las partes externas de las bobinas y el interior de la carcasa del motor. También puede emplearse en cualquier superficie metálica que deba aislarse y proteger contra la humedad. Puede aplicarse a pistola, diluyéndolo convenientemente. El secado al tacto se produce en 60-90 minutos. El endurecimiento total, a profundidad, a las 48 horas. El ANTI-FLASH 505 endurece por reacción química. No es necesario hornearlo. El tiempo de vida de la mezcla es de 24 horas aproximadamente, por tanto, es conveniente efectuar mezclas que puedan ser utilizadas en una jornada de trabajo.

CARACTERISTICAS FISICAS (ANTI-FLASH 505+ ENDURECEDOR 505)

Color.....Rojo (RAL 3011)
 Viscosidad Copa Ford N^o4 a 20°C (seg).....45+-5
 Materia fija (%).....61+-2
 Relación mezcla en peso100/30
 Tiempo de vida de la mezcla (h)24
 Secado al tacto en capa fina a 20°C (min)90
 Secado total a 20°C (h).....48
 Clasificación Térmica.....F (155°C)
 Estabilidad almacenaje a 20°C comp. separados12 meses.

CARACTERISTICAS DIELECTRICAS

Perforación dieléctrica sobre placa de cobre por grueso de película 0.01 mm:
 ESTADO NATURAL.....1300 V

DILUYENTE

En caso que se desee reducir la viscosidad, debe emplearse nuestro DILUYENTE F-5.

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de hojalata litografiados y precintados de 1, 5 y 25 kgs. Con su endurecedor correspondiente.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es

	<p>S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A. Aislantes eléctricos</p>	
<p>INFORMACION TECNICA</p>		<p>Edición:17.03.05</p>

ROYALAC 125
BARNIZ DIELECTRICO

CLASE TERMICA F (155°C)
SECADO AL AIRE

El barniz de impregnación ROYALAC 125, está elaborado a base de resinas sintéticas. Seca al aire incluso en las partes más profundas de los bobinados. Destaca por su gran dureza y cohesión, manteniendo la flexibilidad necesaria. Posee muy buena resistencia a la humedad, grasas, aceite, ácidos diluidos, álcalis, a gran número de disolventes y refrigerantes (Freon 22 etc.) Resiste a la abrasión y ofrece un buen acabado con películas brillantes y uniformes. Endurece perfectamente en capas gruesas. El barniz ROYALAC 125, resuelve el problema de secado en profundidad en grandes bobinados, cuando no se dispone de un horno de secado.

CAMPO DE APLICACION

Básicamente para la reparación electromecánica. Todo tipo de material: estátores y rotores.

MODO DE EMPLEO

Los métodos de aplicación del ROYALAC 125, son los tradicionales. Suele aplicarse mediante regado del bobinado (estátors) o mediante el sistema gota-gota (rotores). Si se emplea como barniz de acabado, puede aplicarse a pincel o con pistola.

El secado se produce en dos períodos. Secado al tacto (manipulación) a los 30-60 minutos. Total secado en profundidad a las 48 horas.

Debido a la alteración del barniz con la humedad ambiente, es condición indispensable mantener los envases herméticamente cerrados.

CARACTERISTICAS FISICAS

ColorIncoloro.
 Densidad a 20°C (grs/cm³)0.980
 Viscosidad Copa Ford N° 4 a 20°C (seg)20+-5
 Materia fija (%)40+-2
 Clasificación Térmica.....F (155°C)
 Secado al tacto en capa fina (min)60
 Secado total (horas)24-48
 Película resultanteMuy dura, elástica y brillante.
 Estabilidad almacenaje a 20°C6 meses.

CARACTERISTICAS DIELECTRICAS

Perforación dieléctrica 0.01 mm1300 V

DILUYENTE

En caso que se desee reducir la viscosidad, debe emplearse nuestro DILUYENTE F-5.

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de hojalata litografiados y precintados de 1 litro.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España
 e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es

	<p>S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A. Aislantes eléctricos</p>	
---	---	--

	<p>INFORMACION TECNICA</p>	<p>Edición:17.03.05</p>
--	-----------------------------------	--------------------------------

ROYALAC 240
BARNIZ DIELECTRICO

CLASE TERMICA F (155°C)
SECADO AL HORNO

El barniz de impregnación ROYALAC 240, está elaborado a base de resinas sintéticas de tipo termoendureciente. Su secado se efectúa por polimerización y se obtienen bobinados muy compactos, con gran dureza e inmejorable adherencia y elasticidad. Presenta buena compatibilidad sobre hilos esmaltados y demás aislantes.

CAMPO DE APLICACION

Barniz muy apropiado para impregnar bobinados que requieran mucha cohesión y adherencia. Su campo de aplicación más específico son los transformadores. Debido a la gran dureza, elasticidad y adherencia del barniz ROYALAC 240, ha sido comprobado que elimina las vibraciones que se producen en las chapas del transformador, ocasionadas por el campo magnético que forma la bobina. Igualmente apropiado para la impregnación de inducidos que deban resistir los efectos de la fuerza centrífuga y temperatura de funcionamiento elevada.

MODO DE EMPLEO

Los métodos de aplicación del barniz Royalac 240 son los tradicionales. Al autoclave con vacío-presión o por inmersión. Recomendamos hacer las inmersiones de los bobinados a temperatura ambiente o máximo a 40°C, a fin de evitar fenómenos de aglutinación del barniz y defectos de impregnación. El tiempo de secado práctico de un pequeño transformador será de 3 horas aproximadamente y en un motor de 5 HP de 5 ó 6 horas aproximadamente. La temperatura de secado debe ser de 130-140°C.

CARACTERISTICAS FISICAS

Color.Dorado.
 Densidad a 20°C (grs/cm³).....0.970
 Viscosidad Copa Ford N° 4 a 20°C (seg).....45+-5
 Materia fija (%).....46+-2
 Clasificación Térmica.....F (155°C)
 Tiempo de secado sobre placa a 135°C (min)55
 Película resultanteBrillante, adherente, flexible y dura.
 Estabilidad almacenaje a 20°C.....12 meses.

CARACTERISTICAS DIELECTRICAS

Perforación dieléctrica sobre placa de cobre por grueso de película 0.01 mm:
 ESTADO NATURAL.....1300 V
 Después de 24 horas en HCl 50%1100 V
 Después de 8 días al aire (90 % humedad).....1200 V
 Después de 8 días en agua destilada1150 V
 Después de 8 días en aceite de transformadores1350 V

DILUYENTE

En caso que se desee reducir la viscosidad, debe emplearse nuestro DILUYENTE F-5 ó DILUYENTE F-O.

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de hojalata litografiados y precintados de 5 y 25 litros.
 En bidones de plancha de hierro de 50, 100 y 200 litros.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A. Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España
 Tel- 93 791 80 06 Fax: 93 791 91 25 e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es www.royal-diamond.es

	<p>S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A. Aislantes eléctricos</p>	
---	---	--

	<p>INFORMACION TECNICA</p>	<p>Edición:01.02.08</p>
--	-----------------------------------	--------------------------------

ROYALAC AQ 7002
BARNIZ AL AGUA

CLASE TERMICA F (155°C)

El barniz ROYALAC AQ 7002, es un barniz de impregnación en solución acuosa, a base de resinas sintéticas, de polimerización al horno. El barniz ROYALAC AQ 7002, se caracteriza por su elevado poder aglomerante (gran cohesión). Presenta buena compatibilidad sobre hilos esmaltados y demás aislantes.

CAMPO DE APLICACION

Impregnación de bobinados de estátores, transformadores, etc.

MODO DE EMPLEO

Se recomienda precalentar las piezas a tratar a una temperatura de 50°C para facilitar la penetración del barniz en el interior del bobinado, especialmente en el caso de motores bobinados con hilos delgados. Impregnar hasta la desaparición de burbujas. Efectuar escurrido.

Polimerización: Una vez impregnada la pieza someter inicialmente a 95°C aproximadamente, durante 1 hora, para evitar ebulliciones.

Seguidamente incrementar temperatura a 140°C durante 3-4 horas. Dependiendo del tamaño de la pieza someter durante 3-4 horas. Si se requieren máximas prestaciones efectuar 1 hora adicional a 160°C.

CARACTERISTICAS FISICAS

CONCENTRACIÓN 25%

CONCENTRACIÓN 50%

ColorIncoloro
Densidad a 20°C (grs/cm³).....1.01

Incoloro
1.02

Viscosidad Copa Ford N° (2) a 20°C seg35 +- 5
Materia fija (%).....25+-2
pH...8.5
Estabilidad almacenaje a 20°C.....12 meses

Copa ford n° (4) 40 seg.
50 +- 2
8.5
12 meses

CARACTERISTICAS DIELECTRICAS

Tensión de perforación espesor 0.01 mm.....900 V.

0.02 mm. 2500 V.

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de plástico de 25 lts.

En contenedores de plástico de 1000 lts.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es



S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.
Aislantes eléctricos

INFORMACION TECNICA

Edición:17.02.06

ROYALAC 521
BARNIZ DIELECTRICO

CLASE TERMICA F (155°C)
SECADO AL HORNO

El barniz de impregnación ROYALAC 521, está elaborado a base de resinas sintéticas de tipo Alkyd Epoxy termoendurecientes. Su secado se efectúa por polimerización y se obtienen bobinados muy compactos, con dureza, gran adherencia y elasticidad. Presenta buena compatibilidad sobre hilos esmaltados y demás aislantes.

El barniz Royalac 521 ofrece muy buena resistencia frente a la humedad, a la tropicalización y al aceite de transformadores.

CAMPO DE APLICACION

Muy aconsejable para impregnar bobinados de estátores, transformadores y reactancias.

MODO DE EMPLEO

Los métodos de aplicación del barniz Royalac 521 son los tradicionales. Al autoclave con vacío-presión o por inmersión. Recomendamos hacer las inmersiones de los bobinados a temperatura ambiente o máximo a 40°C, a fin de evitar fenómenos de aglutinación del barniz y defectos de impregnación.

El tiempo de secado práctico de un pequeño transformador será de 3 horas aproximadamente y en un motor de 5HP de 5 ó 6 horas aproximadamente. La temperatura de secado debe ser de 140-150°C.

CARACTERISTICAS FISICAS

Color.....Dorado / Incoloro.
Densidad a 20°C (grs/cm³).....0.965
Viscosidad Copa Ford N° 4 a 20°C (seg).....75+-15
Materia fija (%).....43+-2
Clasificación Térmica.....F (155°C)
Tiempo de secado sobre placa a 150°C (min)60
Película resultanteBrillante, adherente, flexible y dura.
Estabilidad almacenaje a 20°C.....12 meses.

CARACTERISTICAS DIELECTRICAS

Perforación dieléctrica sobre placa de cobre por grueso de película 0.01 mm:

ESTADO NATURAL.....1400 V
Después de 24 horas en HCl al 50%.....1170 V
Después de 8 días al aire (90 % humedad).....1220 V
Después de 8 días en agua destilada.....1220 V
Después de 8 días en aceite de transformadores1430 V

DILUYENTE

En caso que se desee reducir la viscosidad, debe emplearse nuestro DILUYENTE F-5.

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de hojalata litografiados y precintados de 5 y 25 litros.

En bidones de plancha de hierro de 50, 100 y 200 litros.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es

	<p align="center">S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A. Aislantes eléctricos</p>	
---	--	--

	INFORMACION TECNICA	Edición:17.03.05
--	----------------------------	-------------------------

ROYALAC 158
BARNIZ DIELECTRICO

CLASE TERMICA F (155°C)
SECADO AL HORNO

El barniz de impregnación ROYALAC 158, está elaborado a base de resinas sintéticas de tipo termoendureciente. Su secado se efectúa por polimerización obteniendo bobinados muy compactos, con gran adherencia y dureza.

Presenta buena compatibilidad sobre hilos esmaltados y demás aislantes.

CAMPO DE APLICACION

Impregnación de transformadores y estátores.

MODO DE EMPLEO

El barniz Royalac 158 puede aplicarse por inmersión, o bien al autoclave con vacío-presión y también en instalaciones en continuo de impregnación-secado.

Recomendamos hacer las inmersiones de los bobinados a temperatura ambiente o máximo a 40°C, a fin de evitar fenómenos de aglutinación del barniz y defectos de impregnación.

El barniz Royalac 158 presenta la ventaja de poder secarse como un barniz de la Clase B (130°C), obteniéndose características térmicas, una vez polimerizado, de un barniz de la Clase F (155°C). A título indicativo y generalizado, señalaremos un tiempo de 2 a 4 horas a 130-140°C.

CARACTERISTICAS FISICAS

Color	Dorado.
Densidad a 20°C (grs/cm ³)	0.960
Viscosidad Copa Ford N° 4 a 20°C (seg)	15+-5
Materia fija (%)	30+-2
Clasificación Térmica	F (155°C)
Tiempo de secado sobre placa a 135°C (min)	5
Película resultante	Brillante, adherente, flexible y dura.
Estabilidad almacenaje a 20°C	12 meses.

CARACTERISTICAS DIELECTRICAS

Perforación dieléctrica sobre placa de cobre por grueso de película 0.01 mm:

ESTADO NATURAL	1300 V
Después de 24 horas en CLH al 50%	1100 V
Después de 8 días al aire (90 % humedad)	1200 V
Después de 8 días en agua destilada	1100 V
Después de 8 días en aceite de transformadores	1350 V

DILUYENTE

En caso que se desee reducir la viscosidad, debe emplearse nuestro DILUYENTE F-5.

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de hojalata litografiados y precintados de 5 y 25 litros.

En bidones de plancha de hierro de 50, 100 y 200 litros.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.	Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España
Tel- 93 791 80 06	Fax: 93 791 91 25
	e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es
	www.royal-diamond.es



S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.
Aislantes eléctricos

INFORMACION TECNICA

Edición: 19.09.07

ANTI-FLASH G-144
ELECTROESMALTE ROJO

CLASE TERMICA F (155°C)
SECADO AL AIRE

El ANTI-FLASH G-144 es un electroesmalte de color rojo, con cargas minerales incorporadas, que le confieren propiedades especiales de conductividad térmica y rigidez dieléctrica. Posee alta resistencia a la temperatura Clase F (155°C). El ANTI-FLASH G-144, es un producto anti-arco y su principal característica consiste en proteger al bobinado contra las chispas que puedan producirse entre el colector y la bobina o entre el colector y la carcasa metálica del motor. La viscosidad del ANTI-FLASH G-144, permite rellenar y cerrar los vacíos entre los hilos del bobinado.

CAMPO DE APLICACION

Para bobinados o superficies que deban estar sometidas a la humedad (motores marinos), o en ambientes polvorientos. Ha sido comprobado que un gran número de cortocircuitos, poniendo un motor fuera de uso, son debidos a la presencia de cuerpos que han penetrado en el interior de las espiras de las bobinas. Un bobinado protegido con ANTI-FLASH G-144, presenta una superficie unida, donde ni el agua ni el polvo tienen ninguna posibilidad de actuar. Un motor que esté tratado con ANTI-FLASH G.144, posee mayor seguridad y presentación.

MODO DE EMPLEO

Se aplica normalmente a pincel sobre las partes externas del bobinado o interior de carcasa del motor. Puede igualmente emplearse a pistola, después de diluirlo convenientemente. El secado se efectúa a temperatura ambiente. Si se desea mayor rapidez de secado, pueden pintarse los bobinados calientes (80°C) a la salida del horno. Se recomienda remover bien el producto antes de su aplicación, a fin de homogeneizar las cargas minerales que contiene.

CARACTERISTICAS FISICAS

Color.Rojo (RAL3011)
Densidad a 20°C (grs/cm³).....1.02
Viscosidad Copa Ford N° 4 a 20°C (seg).....35+-5
Materia fija (%).....50+-3
Tiempo de secado al tacto sobre placa a 20°C (min.)..15
Tiempo de secado en profundidad (min.).....60-90
Clase térmicaF (155°C)
Estabilidad almacenaje a 20°C.....12 meses.

CARACTERISTICAS DIELECTRICAS

Perforación dieléctrica en grueso película 0.01 mm.
ESTADO NATURAL.....1100 V
Después de 8 días en agua destilada.....950 V
Después de 8 días en aceite de transformadores1250 V

DILUYENTE

En el caso que se desee reducir la viscosidad, debe emplearse nuestro DILUYENTE F-5.

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de hojalata litografiados y precintados de 1, 5 y 25 kgs.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España
e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es



S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.
Aislantes eléctricos

INFORMACION TECNICA

Edición:15.07.06

ROYALAC 129
BARNIZ DIELECTRICO

CLASE TERMICA F (155°C)
RAPIDO SECADO AL AIRE

El barniz de impregnación ROYALAC 129, está elaborado a base de resinas sintéticas de extraordinaria rapidez de secado. Su principal ventaja es la dureza que adquiere después de un secado al aire, sin perder sus cualidades de flexibilidad. Tiene muy buena resistencia a la abrasión, a los agentes químicos externos (humedad, ambientes salinos, etc) y al aceite de transformadores.

CAMPO DE APLICACION

Por sus características el barniz ROYALAC 129 , puede emplearse en la construcción y reparación de motores, transformadores y materiales que deban trabajar bajo condiciones adversas. También se utiliza en el barnizado de circuitos impresos.

MODO DE EMPLEO

Los métodos de aplicación del ROYALAC 129, son los tradicionales. Suele hacerse por inmersión del bobinado. Si se emplea como barniz de acabado, puede aplicarse a pincel o con pistola.

El tiempo de secado, práctico sobre un motor de 5HP, es aproximadamente de 2 a 3 horas, en un ambiente de 20°C. Cuando el bobinado es de considerable dimensión o cuando ofrece dificultades de evaporación (bobinados cerrados), recomendamos un secado de 2 horas a 100-120°C.

CARACTERISTICAS FISICAS

Color.Incoloro, Amarillo o Naranja.
Densidad a 20°C (grs/cm³).....0.90
Viscosidad Copa Ford N° 4 a 20°C (seg)..18+-4
Materia fija (%).....37+-2
Clasificación Térmica.....F (155°C)
Secado al tacto en capa fina (min) 12
Estabilidad almacenaje a 20°C..... 12 meses.

CARACTERISTICAS DIELECTRICAS

Perforación dieléctrica 0,02 mm > 2500 V

DILUYENTE

En caso que se desee reducir la viscosidad, debe emplearse nuestro DILUYENTE F.

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de hojalata litografiados y precintados de 5 y 25 litros.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND,S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

www.royal-diamond.es



S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.
Aislantes eléctricos

INFORMACION TECNICA

Edición: 17.02.06

ROYALAC 525 MA
BARNIZ DIELECTRICO

CLASE TERMICA H (180°C)
SECADO AL HORNO

El barniz de impregnación ROYALAC 525 MA, está elaborado a base de resinas sintéticas de tipo Epoxy Alkyd termoendurecibles y diluyente alifático. Su secado se efectúa por polimerización y se obtienen bobinados muy compactos, con dureza, gran adherencia y elasticidad. Presenta buena compatibilidad sobre hilos esmaltados y demás aislantes.

El barniz Royalac 525 MA ofrece muy buena resistencia frente a la humedad, a la tropicalización y al aceite de transformadores.

CAMPO DE APLICACION

Muy aconsejable para impregnar bobinados de estátores, transformadores y reactancias.

MODO DE EMPLEO

Los métodos de aplicación del barniz Royalac 525 MA son los tradicionales. Al autoclave con vacío-presión o por inmersión. Recomendamos hacer las inmersiones de los bobinados a temperatura ambiente o máximo a 40°C, a fin de evitar fenómenos de aglutinación del barniz y defectos de impregnación.

El tiempo de secado práctico de un pequeño transformador será de 3 horas aproximadamente y en un motor de 5HP de 5 ó 6 horas aproximadamente. La temperatura de secado debe ser de 150°C.

CARACTERISTICAS FISICAS

Color.Dorado
Densidad a 20°C (grs/cm³)0.965
Viscosidad Copa Ford N° 4 a 20°C (seg)140+ -40
Materia fija (%)43+ -2
Clasificación TérmicaH (180°C)
Tiempo de secado sobre placa a 150°C (min)60
Película resultanteBrillante, adherente, flexible y dura.
Estabilidad almacenaje a 20°C12 meses.

CARACTERISTICAS DIELECTRICAS

Perforación dieléctrica sobre placa de cobre por grueso de película 0.01 mm:

ESTADO NATURAL1400 V
Después de 24 horas en HCl al 50%1170 V
Después de 8 días al aire (90 % humedad)1220 V
Después de 8 días en agua destilada1220 V
Después de 8 días en aceite de transformadores1430 V

DILUYENTE

En caso que se desee reducir la viscosidad, debe emplearse nuestro DILUYENTE F-5.

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de hojalata litografiados y precintados de 5 y 25 litros.
En bidones de plancha de hierro de 50, 100 y 200 litros.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España
e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es www.royal-diamond.es



S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.
Aislantes eléctricos

INFORMACION TECNICA

Edición: 17.03.05

BARNIZ E 524 TS
SECADO AL HORNO

CLASE TERMICA H (180°C)
HOMOLOGADO UL E104619

El barniz de impregnación E 524TS, está elaborado a base de resinas Epoxy modificadas. El secado se efectúa por polimerización y se obtienen bobinados muy compactos, con dureza, gran adherencia y elasticidad. Ofrece muy buena resistencia frente a los gases refrigerantes (FREON 22) y a los aceites agresivos (PYRALENE). El barniz E 524 TS es compatible con los hilos esmaltados Clase B y esterimidas modificados Clase F y H.

CAMPO DE APLICACION

Material electrotécnico que necesite un fuerte poder aglomerante en clase H. Motores de grupos herméticos.

El barniz E 524 TS puede aplicarse por inmersión, o bien al autoclave con vacío-presión y también en instalaciones en continuo de impregnación-secado.

MODO DE EMPLEO

Precalentamiento de los bobinados a 40-50 °C . Impregnación por inmersión hasta la desaparición de las burbujas de aire. Escurrido muy corto en relación con la masa de las piezas tratadas.

Secado: 1h a 110°C y después aumentar temperatura a 160°C durante 4h. En el caso de impregnación de grupos herméticos es necesario realizar 4h a 180°C.

El barniz E 524 TS se utiliza con éxito en el pegado de chapas magnéticas. Debe aplicarse una capa de barniz sobre una cara (5 Micras aprox.) o sobre las dos caras (3 Micras aprox. sobre cada una) y secarlas a 100/120°C. Esta operación permite tener las chapas en stock para ser troqueladas. Posteriormente, se ensamblan y pegan las chapas troqueladas por presión y temperatura (180-200°C).

CARACTERISTICAS FISICAS

ColorDorado.
Densidad a 20°C (gr/cm³)0.980
Viscosidad Copa Ford N° 4 a 20°C (seg)90+-15
Materia fija (%)30+-2
Punto de inflamación57°C
Estabilidad almacenaje a 20°C6 meses.

CARACTERISTICAS DIELECTRICAS , MECANICAS Y TERMICAS

Perforación dieléctrica sobre placa de cobre por grueso de película 0.01 mm:

ESTADO NATURAL1500 V
Factor de pérdidas dieléctricas a 20°C0.3 . 10⁻²
Constante dieléctrica2.72
Poder aglomerante a 20/100/150°C18/4/1.5 DaN
Temperatura transición vítrea DSC85°C
Índice térmico TWIST/HELICAL COIL195/198 °C (UL)
Clasificación TérmicaH (180°C)

DILUYENTE

En caso que se desee reducir la viscosidad, debe emplearse nuestro DILUYENTE TS.

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de hojalata litografiados y precintados de 5 y 25 litros. En bidones de plancha de hierro de 50, 100 y 200 litros.

La información que le ofrecemos es de carácter orientativo y como resultado de nuestros ensayos, pero sin asumir ninguna responsabilidad derivada de su aplicación.

S.E.G. ROYAL DIAMOND, S.A.

Tel- 93 791 80 06

Fax: 93 791 91 25

Polígono Industrial S/N 08319 Dosrius (Barcelona) España

e-mail: royal-diamond@royal-diamond.es

www.royal-diamond.es