

Lápiz de Fuego

GÓMEZ-Isabel, FLORES-Jaime, BARROZO-Marybel, ESPADA-Fabiana, MORALES-Iver, ZELAYA-José & BRAVO-Abrahán

Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca.

Recibido 6 de Enero, 2014; Aceptado 7 de Julio, 2014

Resumen

El proyecto de investigación busca desarrollar una tecnología propia para el diseño y construcción de lápices de fuego o pirógrafos, a partir de desechos ferromagnéticos como son las reactancias quemadas de la luminarias que funcionan a gas (Fluorescentes, focos de neon, etc) bajo una arquitectura de diseño de transformador nueva e innovadora como es la arquitectura E-E que permite un mayor espacio para añadir mayor número de vueltas de modo proporcional al primario y secundario y consiguientemente un mayor rendimiento.

En este mismo sentido el presente trabajo de investigación busca desarrollar un aislante sobre la base de la composición de arcilla- yeso de dentista y ceniza para el núcleo del pirograbador para reducir el flujo de calor y lograr un mejor aislamiento para evitar quemaduras en las manos de los artistas y dotarles de esta forma una herramienta de trabajo segura y confiable.

Fuego, Lápiz, Pirógrafo.

Abstract

The research project seeks to develop its own technology for design and construction of pencils or fire pyrographs, from ferromagnetic debris burned as are the ballast of the luminaries who operate gas (Fluorescent, hotbeds of neon, etc.) under an architectural design of new and innovative processor architecture is as E-E which allows greater room to add more laps in proportion to the primary and secondary for a better performance.

Also on this research paper seeks to develop an insulator on the basis of the composition of clay- dental plaster and ash to the core of pyrography to reduce the flow of heat and achieve a better insulation to prevent burns on the hands of artists and give them a tool to work safely and reliably.

Fire, Pencil, Woodburning

Citación: Gómez I., Flores J., Barrozo M, Espada F., Morales I., Zelaya j., Bravo A. Lápiz de Fuego. Revista de Tecnología e Innovación 2014, 1-1:23-36

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En el mundo actual, cuya principal característica es el cambio permanente de conocimientos y avances agigantados en la tecnología, se hace necesario la formación sólida y la continua superación de los recursos humanos que la sociedad necesita para enfrentar la dinámica en la que se desarrolla. Por tanto la educación superior debe adaptarse a los requerimientos sociales y económicos originados por los acelerados procesos de cambio científico - tecnológico y de globalización mundial. Las exigencias sociales han aumentado y se requiere de un profesional más capaz, más pleno y más humano, en ese sentido la Universidad debe comprometer esfuerzos para formar profesionales competentes, con sentido crítico y reflexivo, por esa razón el componente investigativo en la formación de los recursos humanos es fundamental para que el modo de actuación profesional sea a través de la investigación científica.

Por ello desde las aulas del pregrado, y desde los primeros cursos en la Facultad de Tecnología pretendemos impregnar del espíritu científico en nuestros estudiantes a través de proyectos de fin de curso y otro tipo de manifestaciones, que buscan el dominio del método científico investigativo por parte de los estudiantes y es así que el resultado de las investigaciones efectuadas durante el devenir de varios semestres en la asignatura de Física básica III que corresponde al tercer semestre de las Ingenierías, se presenta en esta feria científica que es desarrollo de la tecnología para fabricar pirógrafos o lápices de fuego.

Cuando ponemos un lápiz de grafito en manos de un artista plástico podemos admirar sus dibujos con sus sombras y contrastes propias de esta técnica.

Pero si estudiamos las leyes de Joule, Ohm, Faraday, Lenz , Ampere tan bellamente resumidas en las Ecuaciones de Maxwell, y las aplicamos en el diseño y construcción de un dispositivo llamado Lápiz de fuego o Pirógrafo, pondremos en manos del artista un recurso tecnológico que trasladado a la dimensión del arte, puede convertir simples y sencillas maderas(no admiradas) en verdaderas obras de arte cuyas sombras y contrastes se pueden lograr con las variaciones de voltaje y corriente y que inspiradas en el talento del artista pueden ser dignas obras de arte.

Las artes han surgido gracias a la necesidad del ser humano de expresar sus pensamientos y sentimientos. De la misma manera, algunas manifestaciones artesanales tienen su origen dentro de los pueblos y las culturas como un medio de expresión, que con el tiempo, se va transformando en un oficio.

En ciertas partes del mundo caracterizadas por la existencia de extensas zonas boscosas y variedad de maderas, surgió una técnica especial de decorar madera con una pieza incandescente. A esta técnica se le llama pirograbado.

Esa riqueza forestal fue aprovechada en la época de la colonia española y las misiones de los jesuitas para que tanto europeos como indígenas hicieran utensilios que se usaban en la vida cotidiana; ante la demanda del mercado se comenzaron a hacer por encargo.

Y aunque el pirograbado parezca un arte reciente, en Nazca Perú se encontró un mate decorado en esta técnica que data del año 700 d.c. que en el cuello tiene el diseño de una flor y alrededor de ella nueve picaflores.

El utensilio principal para la técnica del pirograbado es el pirógrafo; aparato que tiene un mango en el que se insertan distintas puntas dependiendo del efecto que se quiere lograr.

La punta en estado incandescente quema la madera, lo complejo resulta en establecer un bajo flujo de calor y un alto gradiente de temperatura entre la punta que normalmente está entre 400 a 200°C y la pared externa del mango que debe estar a una temperatura promedio entre 25 a 36 °C para que la mano del artista no sienta el intenso calor de los filamentos incandescentes, este gradiente se debe conseguir en unos cuantos milímetros de espesor de mango por cuanto el mismo no puede ser demasiado grueso porque de otra manera incomoda al dibujar.

Para resolver este problema en el presente trabajo se investiga diferentes materiales aislantes del calor sobre la base de mezclas de arcilla- ceniza – yeso de dentista y que tengan una buena resistencia mecánica, además del uso de punta resistivas que entren en incandescencia a la menor corriente posible para un menor consumo de energía. Elementos fundamentales para la construcción y fabricación de pirógrafos de marca boliviana.

Materiales y métodos

Materiales.-

Se utilizó varios materiales y en diferentes momentos.

- Arcilla, yeso de dentista, ceniza
- Desechos ferromagnéticos (reactancias quemadas de las luminarias)
- Alambres de cobre para embobinado
- Cartón para carretes
- Cables de conexión
- Clavija hembra-macho
- Resistencias de niquelina y nicron

- Instrumentos:
- Multímetro con termocupla para medir temperaturas,
- Tester de pinza para medición de corriente eléctrica
- Voltímetros
- Balanza de precisión

Métodos utilizados

Sin duda alguna estamos en la era de la integración de las ciencias, por ello abordaremos el paradigma dialéctico, en donde se denota un papel más activo del sujeto en desarrollo del conocimiento y que plantea que nunca se conoce la esencia del fenómeno, sino un reflejo de éste. En éste contexto se define a la Dialéctica como La ciencia que estudia las leyes más generales del desarrollo de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento.

Métodos teóricos a emplear:

Los métodos teóricos nos permiten penetrar de lo fenoménico a la esencia del objeto estudiado, para modelarlo y establecer sus relaciones esenciales y concretarlo en la construcción del pirograbador de fabricación nacional.

Indagación documental.- Para el estudio bibliográfico de todos los antecedentes y referencias sobre el desarrollo de los transformadores, su aplicación en pirógrafos y lápices de fuego en el contexto internacional.

La modelación.- Se usa para modelar el funcionamiento del pirograbador de manera idealizada y esquemática antes de su construcción y mediante el procedimiento teórico de la abstracción se lo pueda recrear estableciendo nuevas relaciones, y cualidades del objeto.

Enfoque de lo concreto y lo abstracto.- Para concretar el modelo idealizado en la propia construcción del pirógrafo de manera que toda la investigación aterrice de manera concreta en una nuevo equipo para pirograbar de fabricación nacional.

Enfoque sistémico.- Porque permite que el pirógrafo se comporte como un todo formado por muchos elementos de manera que cada elemento cumple determinadas funciones y mantienen nexos estables de interacción entre esos elementos.

El análisis y la síntesis.- Para la descomposición o división mental y material del pirograbador en sus partes integrantes, con el propósito de determinar los elementos esenciales que lo conforman, y, para la integración de las partes previamente analizadas, así mismo descubrir relaciones y características generales inherentes al objeto de estudio.

Abstracción y Generalización.- Para reflejar las cualidades y regularidades generales estables y necesarias del pirograbador.

Métodos estadísticos

Para determinar las diferencias entre los tratamientos a los que se sometió la muestra arcilla-yeso-ceniza y establecer la confiabilidad de los resultados. Se aplicará la Estadística paramétrica que nos permitirá aplicar sus propios métodos científicos para recoger, organizar, resumir y analizar datos, así como para sacar conclusiones válidas y tomar decisiones razonables basadas en tal análisis. El software de apoyo usado es Mstat (Software estadístico)

Métodos empíricos

Los métodos empíricos permitirán recoger los datos experimentales en las distintas pruebas a través de instrumentos diseñados para éste fin, para luego ser procesados.

Software utilizado

Software para diseño de transformadores, creado por los mismos estudiantes en JavaScript Mstat (Software para el diseño experimental) Hoja de cálculo (Excel)Microsoft Word

Diseño y construcción del transformador

Se Diseñará un Transformador de arquitectura E_E, es decir diferente al convencional porque se tiene mayor posibilidad de que entren más vueltas de manera proporcional al circuito primario como secundario lo que representa mayor posibilidad de un mejor rendimiento de potencia.

Diseño y cálculo

En este acápite se explica brevemente como las leyes de Ohm, Joule, Ampere y Faraday apoyan el diseño del transformador

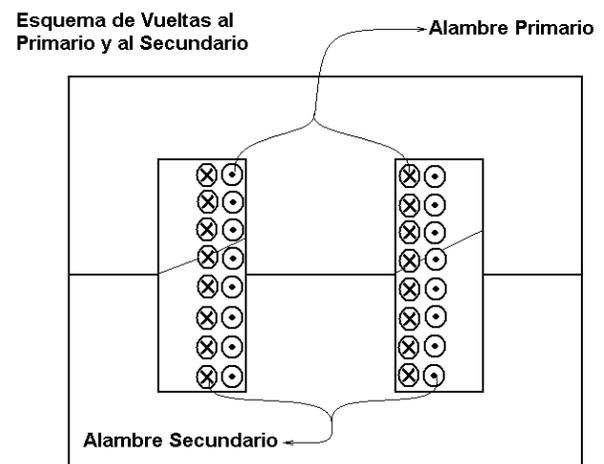


Figura 1

El voltaje de entrada es alterno y se trabaja con su valor eficaz V_f que es de 220 V

$$V = V_{MAX} \times \text{Sen}(wt) \tag{2}$$

Frecuencia

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$V_{MAX} = 311 \text{ V} \tag{2.1}$$

$$V_F = 220 \text{ V} \tag{2.2}$$

$$V_F = \frac{V_{MAX}}{\sqrt{2}}$$

Aplicación de la Ley de Ohm

$$V_1 = I_1 \times Z_1 \tag{2.3}$$

$$V_2 = I_2 \times Z_2$$

Donde

Z1= impedancia del circuito primario en ohm
Z2=impedancia del circuito secundario en ohm

Los conceptos de impedancia se aplican porque el voltaje es alterno

Aplicación de la ley de Ampere

La corriente alterna del circuito primario genera un campo B también alterno que se calcula con la ley de Ampere a lo largo del trayecto lo que sería o perímetro medio del núcleo, este campo a su vez al cortar la sección de núcleo S, genera el flujo magnético

$$\oint B \cdot dl = \mu_0 i_1$$

$$B \ell_p = \mu_0 i_1$$

$$B = \frac{\mu_0 i_1}{\ell_p}$$

$$B = \frac{\mu_0 \times I_{MAX} \times \text{Sen}(wt)}{\ell_p} \tag{2.4}$$

$$B = B_{MAX} \times \text{Sen}(wt)$$

$$\phi_B = B \times S$$

$$\phi_B = B_{MAX} \times \text{Sen}(wt) \times S \tag{2.5}$$

$$\phi_B = \phi_{MAX} \times \text{Sen}(wt)$$

El flujo magnético al ser cambiante en el tiempo entonces induce un voltaje V_2 alterno también en la bobina de salida, que resulta ser el voltaje transformado, cumpliéndose la Ley de Faraday como el principio de funcionamiento de un transformador.

$$V_2 = -N_2 \frac{d\phi_B}{dt}$$

$$V_2 = -N_2 \times \phi_{MAX} W \times \text{Cos}(wt)$$

$$V_{2MAX} = N_2 \times \phi_{MAX} W \tag{2.6}$$

$$V_2 = -V_{2MAX} \times \text{Cos}(wt)$$

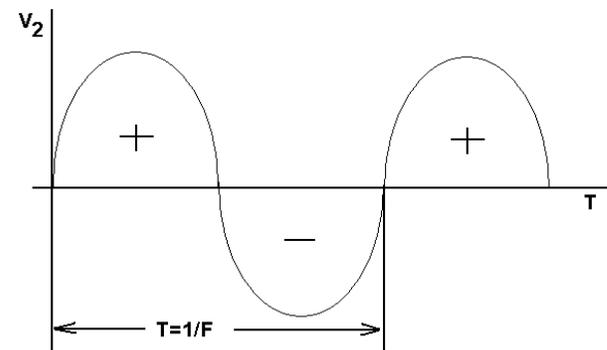


Figura 2

Las fórmulas para el circuito sin carga y con carga son:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \begin{matrix} \text{Sin Carga} \\ \text{Con carga} \end{matrix}$$

$$\frac{\sqrt{\eta} \times V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \tag{2.7}$$

Donde η = rendimiento de potencia asumido, que en este caso es del 90%

Datos:

Circuito de entrada	Circuito de salida
$V_1=220 \text{ V}$ (voltaje de entrada)	$V_2=5 \text{ V}$ (voltaje de salida)
$f= 50\text{Hz}$. (frecuencia)	$f= 50\text{Hz}$.
$a=2\text{cm}$. (ancho de núcleo)	$P_2=30\text{W}$ (potencia de salida)

$b=?$ (largo del núcleo)

$C=0.932\text{cm}$ (ancho de ventana)

$\eta=90\%$ (rendimiento asumido)

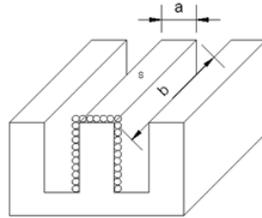


Figura 3

Incógnitas

$P_1=?$ (potencia de entrada)

$i_2=?$ (corriente de salida)

$i_1=?$ (corriente de entrada)

$S=?$ (Sección de núcleo)

$b=?$ (largo del núcleo)

calibre primario según norma AWG

calibre secundario según norma AWG

$w_1=?$ (Peso del primario)

$w_2=?$ (Peso del secundario)

$N_1=?$ (Número de vueltas al primario)

$N_2=?$ (Número de vueltas al secundario)

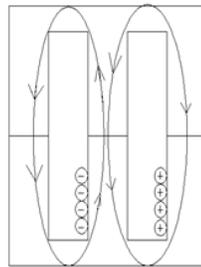


Figura 4

Solución

- Cálculo de P_1 :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{30}{0.9} = 33.33W \tag{2.8}$$

- Cálculo de i_1 :

$$P_1 = V_1 \times i_1 \Rightarrow i_1 = \frac{P_1}{V_1} = \frac{33.33W}{220V} = 0.15A \tag{2.9}$$

- Cálculo de i_2 :

$$P_2 = V_2 \times i_2 \Rightarrow i_2 = \frac{P_2}{V_2} = \frac{30W}{5V} = 6A \tag{2.10}$$

- Cálculo de la potencia media:

$$P_s = \frac{P_1 + P_2}{2} = \frac{33.33W + 30W}{2} = 31.6W \tag{2.11}$$

- Cálculo de la sección(s)

$$s = 1.5 \sqrt{P_s}$$

$$s = 1.5 \sqrt{31.6}$$

$$s = 8.44\text{cm}^2 \tag{2.12}$$

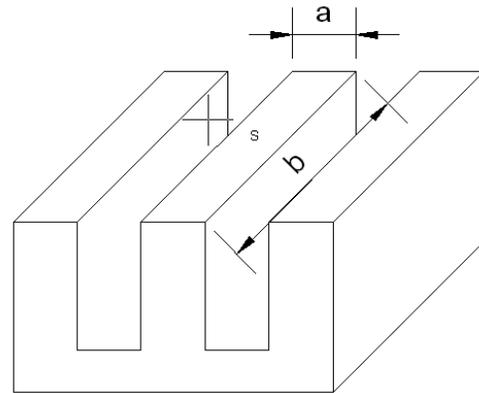


Figura 5

- Cálculo de b :

$$s = a \times b \Rightarrow b = \frac{s}{a} = \frac{8.44\text{cm}^2}{2\text{cm}}$$

$$b = 4.2\text{cm}$$

Para optimizar $\Rightarrow b = 5\text{cm}$

- Cálculo de N° de espiras:

a) Para circuito de entrada:

$$N_1 = \frac{10E8V_1}{4.44 \times f \times s \times B}; \text{Dato: } B = 900 \tag{2.14}$$

$$N_1 = \frac{10E8V \times 220V}{4.44 \times 50 \times 8.44 \times 900}$$

$$N_1 = 13046\text{vueltas} \rightarrow 1305\text{vueltas}$$

b) Para salida:

$$N_2 = \frac{V_2 \times N_1}{V_1} = \frac{5 \times 1305}{220} = 29.65 \rightarrow 30\text{vueltas (sin carga)} \tag{2.15}$$

Optimización: (para éste tipo de núcleo el factor de corrección es de 0.567 obtenido de anteriores experiencias en este diseño) por tanto el nuevo número de vueltas será

$N1=1305/0.567 = 2300$ vueltas al primario

Esta corrección es necesaria porque el rendimiento de potencia con 1305 vueltas sería mucho menor al esperado por ello es necesario aumentar más vueltas hasta 2300 para un rendimiento de potencia aceptable.

$$N_2 = \frac{V_2 \times N_1}{V_1 \sqrt{\eta}} \tag{2.16}$$

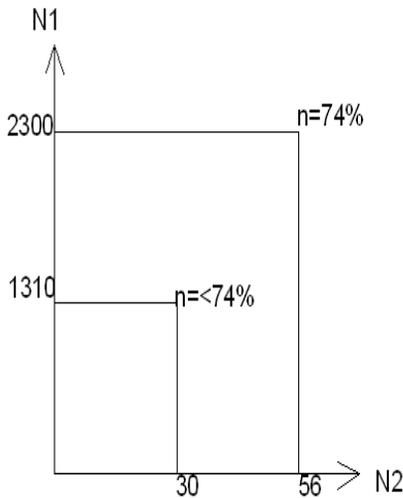


Figura 6

$$N_2 = \frac{5 \times 2305}{220 \sqrt{0.9}} = 56 \text{ vueltas} \tag{2.17}$$

Con datos de $i_1=0.15$ Amp según tabla se tiene el calibre 39 AWG por seguridad y en base a anteriores experiencias se aumenta el grosor hasta un calibre de 32

$i_2=6A$ de tablas se tiene el calibre 18, por seguridad tomaremos el calibre 15

	Primario	Secundario
Vueltas	2300	56
Calibre AWG	#32	#15
Peso por longitud (gr/m)	0,2844	14,67

Tabla 1 Tabla resumen de diseño

- Cálculo del perímetro:

$$l = (2a + 2b) = 2 \times 2 + 2 \times 5 = 14 \text{ cm} \tag{2.18}$$

$$l = 14 \text{ cm} = 0.14 \text{ m}$$

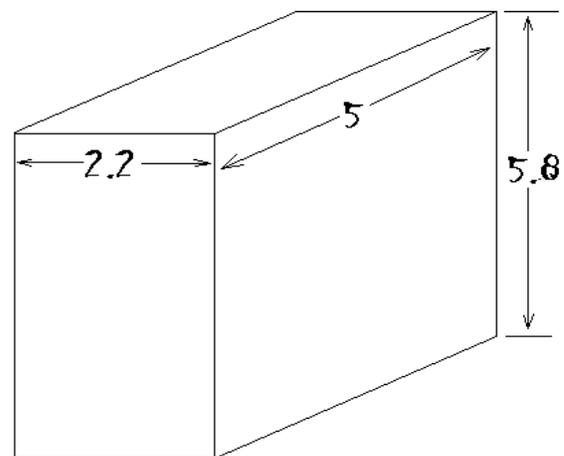
- Cálculo del peso para la compra:

$$w_1 = 0.2844 \frac{\text{gr}}{\text{m}} \times 0.14 \text{ m} \times 2300 = 91.67 \text{ gr} \Rightarrow \text{por seguridad } 100 \text{ gr} \tag{2.19}$$

$$w_2 = 14.67 \frac{\text{gr}}{\text{m}} \times 0.14 \text{ m} \times 56 = 126 \text{ gr} \Rightarrow \text{por seguridad } 130 \text{ gr} \tag{2.20}$$

Construcción del Carrete.-

Se construye de cartón prensado, teniendo cuidado de que las chapas del núcleo entren sin dificultad



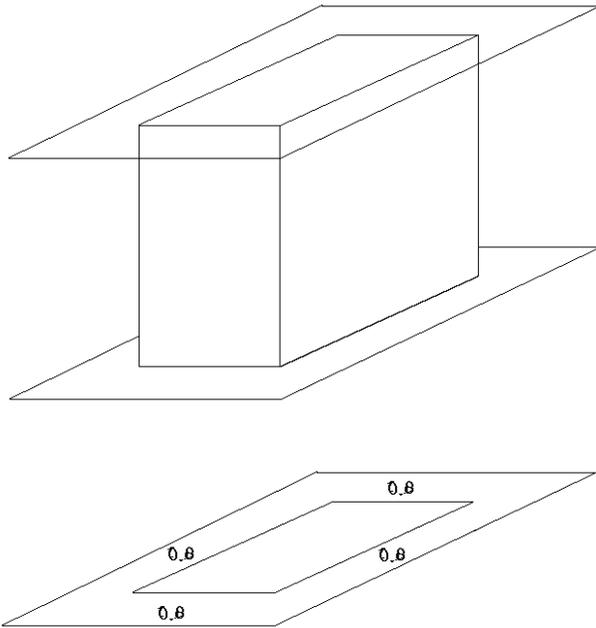


Figura 7

Pruebas experimentales del transformador

En este circuito por la punta del pirógrafo no circula corriente, es decir no hay disipación de calor.

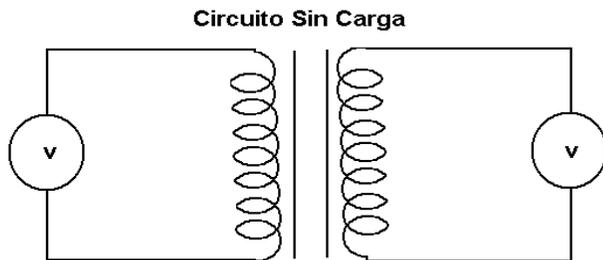


Figura 8

ϕ_1	ϕ_2	V_1	N_1	N_2	V_2 (Experimental) (volt)	V_2 (Teórico) (volt)	R_1 (ohm)	R_2 (ohm)
32	15	219	2300	40	3.21	3.8	237	0.54
				45	3.62	4.3		
				50	4.05	4.7		
				56	4.37	5		

Tabla 2 (pruebas de salida de voltaje sin carga)

Donde:

ϕ_1 = Calibre al Primario

N_1 = Numero de Vueltas Al Primario

V_1 = Voltaje de entrada al Primario

ϕ_2 = Calibre al Secundario

N_2 = Numero de Vueltas Al Secundario

V_2 (Teórico) = Voltaje de Salida al Secundario

V_2 (Tester) = Voltaje de Salidasacado con el Tester

R_1 = Resistencia al Primario del embobinado de cobre

R_2 = Resistencia al Secundario del embobinado de cobre

$$V_2 = \frac{V_1 \times N_2}{N_1} \tag{2.21}$$

Con ésta fórmula se calculo el voltaje de salida teórico, para circuito sin carga.

Interpretación de resultados. Observamos que existe similitud entre el valor experimental y el valor teórico, el hecho de que el voltaje experimental sea menor al teórico se debe a que en la realidad el rendimiento de funcionamiento de un transformador nunca puede ser del 100%.

Pruebas experimentales con el circuito con carga.- En esta prueba la punta de niquelina del pirograbador entra en incandescencia y en estas condiciones graba la madera, los datos obtenidos son:

Calibre primario	N_1	V_1 (V)	I_1 (A)	P_1 (w)	Calibre secundario	N_2	V_2 (V)	I_2 (A)	P_2 (W)	N (%)	o b s	Z_1 (ohm)	Z_2 (ohm)
1 32	23 00	219	0,16 A	35,04	15	56	2,67	8,45	22,56	65	optima	1368,75	0,32
2 32	23 00	219	0,12 A	26,28	15	50	2,63	7,32	19,25	73	Opti ma suave	1825,6	0,36
3 32	23 00	219	0,10 A	21,9	15	45	2,49	6,09	17,18	78	suave	2190,0	0,40
4 32	23 00	219	0,08 A	17,52	15	40	2,2	6,37	14,04	80	suave	2737,5	0,35

Tabla 3

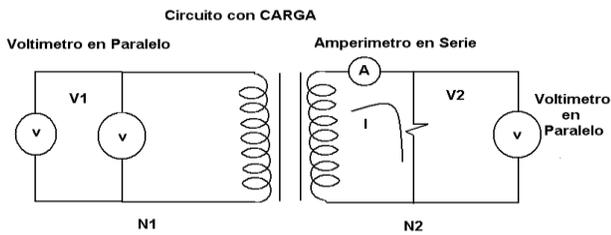


Figura 9

$P1 = \text{Potencia de entrada (w)}$
 $P2 = \text{Potencia de salida (w)}$
 $Z1 = \text{Impedancia circuito primario (ohm)}$
 $Z1 = V1/I1$
 $Z2 = \text{Impedancia circuito secundario (ohm)}$
 $Z2 = V2/I2$

Resultados

Interpretación de resultados y discusión:

- Se observa que mientras más potencia consume el rendimiento descende desde el 80% hasta el 65%.
- Según lo explicado en la interpretación de resultados, con la estructura E-E se obtuvo un mejor rendimiento que el que se obtendría en una estructura E-I, porque la altura h_{E-E} es el doble de la altura h_{E-I} lo que permite un mayor número de vueltas proporcionalmente tanto al primario como al secundario, lo que favoreció al proyecto.
- Desde nuestro punto de vista trabajando con un η teórico de 100 % y no de 90 % se puede obtener un η real mayor al obtenido; en consecuencia la P_2 sería casi igual a la P_1 .
- Un rendimiento de 74 % es porque el transformador entrega energía a los alrededores en forma de calor (entropía) y por las pérdidas de potencia por histéresis, corrientes parásitas en el núcleo y por efecto Joule en los embobinados de cobre

- En general resultó un buen proyecto porque se superó la prueba de $\eta > 70 \%$, se logró un transformador silencioso y estético óptimo para los dos equipos (pirógrafo y plastocut).



Figura 10 Fotos del transformador diseñado y construido, listo para ser acoplado al mango del pirógrafo

Medición de la conductividad térmica k de una muestra de arcilla – ceniza – yeso

Objetivo de la prueba.-

Medir experimentalmente la conductividad térmica de un sólido formado por mezcla de arcilla, yeso de dentista y ceniza para establecer las proporciones más óptimas para una máxima aislamiento térmica para la fabricación de pirograbadores.

Fundamento teórico.-

La ley de Fourier nos indica que el flujo de calor (q) en **cal/seg** depende del material expresado a través de su conductividad térmica (k) **cal/seg-m-°C** en cal, además de depender del gradiente de temperatura (dT/dx) en **°C/m** y del área de flujo de calor (A) en **m²según:**

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \tag{2.22}$$

Separando variables

$$\int_0^x q dx = - \int_{T_1}^{T_2} kAdT \tag{2.23}$$

Considerando que el ensayo se probará en cilindros de 1.7 cm de diámetro y 1,8 cm de largo con diferentes proporciones o dosis de Arcilla – yeso de dentista – Ceniza, entonces asumimos que el flujo de calor, es constante y que la conductividad k no varía por ser muy el trayecto, además el cilindro es aislado en el eje y , en el eje z de modo que el flujo de calor fluye en el eje x .

Por mejor aislamiento que hagamos en la realidad simple fluirá algo de calor por los ejes y , z , considerando cierto margen de error, la integración se realiza solo en el eje x (flujo de calor unidimensional), la ecuación será:

$$q \cdot x = kA(T_2 - T_1) \quad (2.24)$$

Despejando

$$q = kA(T_2 - T_1) \frac{1}{x} \quad (2.25)$$

Por otro lado el calor generado por efecto Joule en el filamento incandescente que está en contacto con un extremo del cilindro será:

$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} \quad (2.26)$$

La potencia disipada por el filamento incandescente se puede calcular, midiendo el voltaje V la corriente que I fluye por el filamento, mediante conexión serial de amperímetro y conexión paralela de voltímetro.

Como la fuente de calor es la potencia eléctrica P , podemos igualar ambas ecuaciones, pero la Potencia P esta expresada en watts que equivale Julio/seg, mientras que el flujo de calor q está en cal/seg. Tendremos que convertir el julio a su equivalente en cal. (1 cal = 4.18 Julio) entonces sea P_c el flujo de energía en cal/seg

$$P_c = P * (1 \text{ cal} / 4.18 \text{ julio}) \quad (2.27)$$

Igualando ambas ecuaciones queda

$$P_c = q$$

$$P_c = q = kA(T_2 - T_1) \frac{1}{x} \quad (2.28)$$

Despejando k queda finalmente

$$k = P_c \frac{x}{A(T_2 - T_1)} \quad (2.29)$$

Donde:

k = conductividad térmica

P_c = flujo de calor debido al calentamiento por efecto Joule, en cal/seg

x = longitud del cilindro en m

A = área de flujo (área del cilindro) en m^2

T_1 = Temperatura en el punto caliente del cilindro (en la pared que está en contacto con el filamento incandescente) en $^{\circ}C$

T_2 = Temperatura en el otro extremo del cilindro en $^{\circ}C$

El Área A se calcula sabiendo el diámetro D del cilindro mediante:

$$A = \pi \frac{D^2}{4} \quad (2.30)$$

Procedimiento práctico

- Aislar el cilindro tanto en el eje y , como en el eje z y como detrás del punto caliente para forzar un flujo de calor en una sola dirección y en un solo eje (eje x)
- Medir con termocupla la temperatura T_1 en la fuente de calor, y en el otro extremo del cilindro T_2 .
- Medir con regla el diámetro D y longitud del cilindro x

- Medir con amperímetro la corriente que fluye por el filamento I y el voltaje V del filamento
- Calcular la potencia P por efecto Joule en watts (julio/seg) y convertir a su equivalente en cal/seg
- Calcular la conductividad térmica k con la fórmula.

Esquema del experimento:

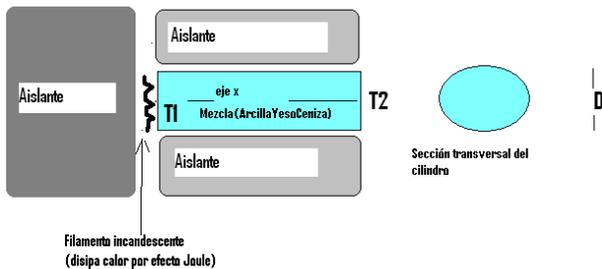


Figura 11

Se aplicaron 5 tratamientos (que fueron las diferentes dosis de componentes) y 3 repeticiones es decir tres muestras con la misma composición para dar mayor confiabilidad a los resultados. El experimento aplicado es el de Diseño de bloques Completamente al azar, por ser muestras heterogéneas, para dar mayor confiabilidad a la prueba

Los tratamientos en % en peso son:

- T1= 100% de arcilla
- T2= 100% de yeso de dentista
- T3=10% Yeso de dentista 10% Ceniza 80% arcilla
- T4=15% yeso de dentista 5 % ceniza 80% arcilla
- T5=5% yeso de dentista 15% ceniza 80% arcilla

No.	T1°C	T2°C	V (volt)	I(amp)	P(watts)	P2(cal/seg)	D(m)	A(m²)	x(m)	k(cal/seg-m-°C)
T1	217.33	38.67	2.46	8.06	19.828	4.743	0.017	0.000227	0.018	2.1055
T1	210.67	47.33	2.44	8.11	19.788	4.734	0.017	0.000227	0.018	2.2984
T1	234.67	42	2.4	8.12	19.488	4.662	0.017	0.000227	0.018	1.9189
										k(promedio) 2.1076
T2	211	27	2.43	8.08	19.634	4.697	0.017	0.000227	0.018	2.0245
T2	209.5	27.5	2.42	7.95	19.239	4.603	0.017	0.000227	0.018	2.0055
T2	203	29.5	2.45	7.86	19.257	4.607	0.017	0.000227	0.018	2.1057
										k(promedio) 2.0452
T3	205.5	30	2.42	7.63	18.465	4.417	0.017	0.000227	0.018	1.9960
T3	201	31	2.4	7.6	18.240	4.364	0.017	0.000227	0.018	2.0356
T3	196.5	29	2.38	7.61	18.112	4.333	0.017	0.000227	0.018	2.0514
										k(promedio) 2.0277
T4	208	30.5	2.33	7.63	17.778	4.253	0.017	0.000227	0.018	1.9002
T4	206	29.5	2.38	8.34	19.849	4.749	0.017	0.000227	0.018	2.1336
T4	205	29.5	2.35	7.4	17.390	4.160	0.017	0.000227	0.018	1.8799
										k(promedio) 1.9712
T5	205.5	26	2.32	7.44	17.261	4.129	0.017	0.000227	0.018	1.8243
T5	195.15	28	2.29	7.44	17.038	4.076	0.017	0.000227	0.018	1.9338
T5	199.5	27	2.29	7.39	16.923	4.049	0.017	0.000227	0.018	1.8612

Tabla 4 Datos experimentales para medir la conductividad térmica de una muestra de arcilla- ceniza - yeso

Casos	Repeticiones	Tratamientos	Conductividad térmica (cal/seg-m-°C)
1	1	1	2.1055
2	1	2	2.0245
3	1	3	1.9960
4	1	4	1.9002
5	1	5	1.8243
6	2	1	2.2984
7	2	2	2.0055
8	2	3	2.0356
9	2	4	2.1336
10	2	5	1.9338
11	3	1	1.9189
12	3	2	2.1057
13	3	3	2.0514
14	3	4	1.8799
15	3	5	1.8612

Tabla 5 Datos preparados para ingresar al Mstatc

Resultados arrojados por el MSTATC (Software para el diseño experimental)

Transferencia de Calor

Title: conductividad térmica de mezclas solidas

Function: FACTOR

Experiment Model Number 7:

One Factor Randomized Complete Block Design

Gómez I., Flores J., Barrozo M, Esapda F., Morales I., Zelaya j., Bravo A. Lápiz de Fuego. Revista de Tecnología e Innovación 2014.

Data case no. 1 to 15.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 1: Repeticiones) with values from 1 to 3

Factor A (Var 2: tratamientos) with values from 1 to 5

Variable 3: conductividad termica en cal/seg-m-C

Grand Mean = 2.005 Grand Sum = 30.074
Total Count = 15

Table of means

1	2	3	Total
1	*	1.970	9.850
2	*	2.081	10.407
3	*	1.963	9.817
* 1		2.108	6.323
* 2		2.045	6.136
* 3		2.028	6.083
* 4		1.971	5.914
* 5		1.873	5.619

Analysis of variance table (anova)

K	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication 2	0.044	0.022	2.1584	0.1780
2	Factor A 4	0.094	0.023	2.3005	0.1469
-3	Error 8	0.081	0.010		
Total		14	0.219		

Coefficient of Variation: 5.03%

s₁ for means group 1: 0.0451 Number of Observations: 5
s₂ for means group 2: 0.0582 Number of Observations: 3

Interpretación

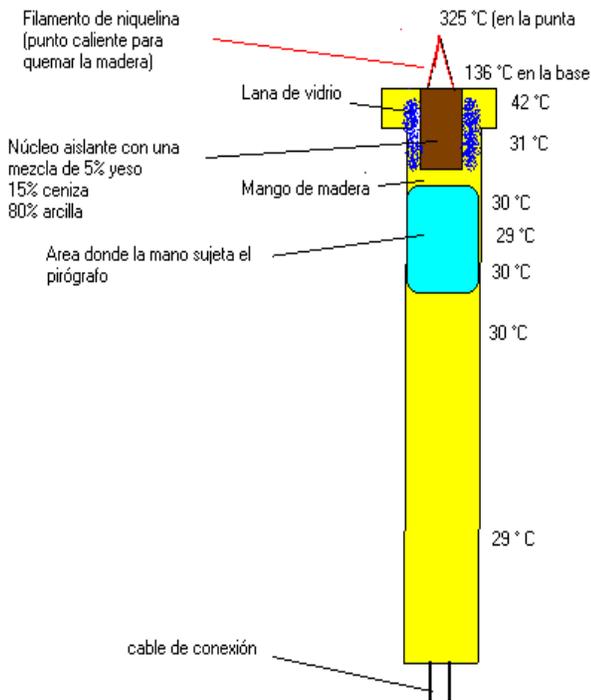
El valor de F tablas para el 95% de confiabilidad en base al cuadro ANOVA, con grados de libertad del tratamiento (4) y grados de libertad del error (8) se lee Ftablas=3.84

Como Ftabla es mayor que el Fcalculado=2.3005 (obtenido del cuadro ANOVA) se infiere que aunque haya diferencias numéricas entre las conductividades térmicas de las diferentes mezclas, sin embargo estadísticamente no hay diferencias significativas entre tratamientos, lo que significa que da lo mismo utilizar cualquier composición, por ende se acepta la hipótesis nula Ho. Que expresa que no hay diferencias entre tratamientos.

No obstante se observa que la menor conductividad corresponde al tratamiento 5 (5% yeso de dentista 15% ceniza 80% arcilla) mejor aislación aunque no significativa frente al resto de los tratamientos tal como lo revela el estudio estadístico, pero al tener mayor proporción de ceniza que es un residuo barato y sin costo tomamos la decisión de recomendar el tratamiento 5 en la fabricación del núcleo del pirograbador, por cuanto es más barato y ligeramente mejor aislante que el resto por su menor conductividad térmica.

Construcción del Lápiz de fuego o pirógrafo

Una vez definido el aislante adecuado(5% yeso de dentista, 15% ceniza –80% arcilla), se fabrica el núcleo con esta mezcla, donde estará el filamento incandescente, se usa luego lana de vidrio para aislar las paredes interiores del mango de madera, La figura muestra la composición del pirógrafo y el perfil de temperatura luego de construirlo. La temperatura se midió con una termocupla.



Interpretación. La mezcla 80% arcilla 5% yeso de dentista y 15% ceniza se constituye en un buen aislante que reduce el flujo de calor.

Conclusiones

La arquitectura ensayada E – E en el diseño y construcción del transformador para el funcionamiento del lápiz de fuego, resultó favorable por cuanto se consiguió un transformador silencioso, estético, pequeño y con un rendimiento promedio de 74 %, que se considera aceptable. Es posible mejorar este rendimiento añadiendo más vueltas proporcionalmente tanto al primario como al secundario.

Estadísticamente se concluyó que cualquier tratamiento o composición de la mezcla arcilla-yeso de dentista y ceniza da los mismos resultados de aislamiento por tanto la hipótesis ha sido contrastada y rechazada.

No obstante se observa que la menor conductividad térmica corresponde al tratamiento 5 (5% yeso de dentista 15% ceniza 80% arcilla) aunque no significativa frente al resto de los tratamientos tal como lo revela el estudio estadístico, pero al tener mayor proporción de ceniza que es un residuo barato y sin costo por el factor económico se recomienda usar este tratamiento en la fabricación de pirograbadores o lápices de fuego.

Se logró reducir notablemente el flujo de calor con el nuevo aislante fabricado (80% arcilla 5% yeso de dentista y 15% ceniza) del cual está compuesto el núcleo del pirograbador y que junto a la lana de vidrio y al propio mango de madera aíslan del calor óptimamente ya que la temperatura en el punto caliente es de aprox. 325 °C, pero en la zona donde la mano entra en contacto con el mango la temperatura está entre 29 a 30°C, un rango aceptable que evitará que la mano sufra quemaduras.

Se logró el objetivo por cuanto se ha desarrollado una tecnología para el diseño y construcción de pirógrafos mediante la cual se ha construido uno propio como modelo.

Agradecimientos

Los investigadores agradecen a la Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología (DICYT) de la Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca por el apoyo brindado en el desarrollo del presente trabajo.

Referencias

Buban ,Peter; Malvino Albert; Schmitt Marshall(1990), Electricidad y Electrónica Aplicaciones Prácticas, Colombia:Mc Graw Hill.

Fishbane, Paul; Gasiorowicz, Stephen; Thornton, Stephen (1994), Física para Ciencias e Ingeniería, México: Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.

Halliday, Davis; Resnick, Robert (1981), Física Parte II, México: C.E.C.S.A.
Krauss Jhon. (1986). Electromagnetismo, México: Mc Graw Hill.

Moreno Robert (2005), Diseños experimentales aplicados a las ciencias de la educación., Santa Cruz: Bolivia

Sears, Francis; Semansky Marck; Young Hugh (1981). Física General, Madrid: Aguilar
Vademecum de electricidad y electrónica. Ed. GLEM
<http://www.serviciobuscalibros.com.ar/>.
Reciclaje de Residuos industriales. Consultado en 16 de mayo de 2008

https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2007/2/GL540/1/material_alumnos/objeto/. Aislantes térmicos Yeso, arcilla. Consultado en 16 de mayo de 2008.

<http://www.scholarpedia.org/article/Electrolocation>., consultado en 15 de enero de 2008

www.evisos.com.ar/compra-venta/aviso-avarios/pirograbadores, Fabricación y venta de pirograbadores, consultado en 5 de agosto de 2008

www.manualidadesybellasartes.com/pirograbado.html. Pirografos y Accesorios. Consultado en 3 de febrero de 2008.

www.pintures.com/p1_pirograbadores.html. Pirograbadores. Consultado en 5 de junio de 2008.

www.artistica.arteconarte.com.ar/pirograbador.htm. Pirograbador. Consultado en 5 de junio de 2008.

www.youtube.com/watch?v= Pirograbando sobre madera. Consultado en 7 de abril de 2008

www.rygo.com.ar/index.php?target= Pirograbador 6 rangos de temperatura. Consultado en 7 de agosto de 2008.
www.img.icnea.net/Forum/E6001/ftp/Elartedelpirograbado-I.pdf. El arte del pirograbado. Consultado en 4 de mayo de 2008.

www.frino.com.ar/transformador.htm. Transformador de voltaje. Consultado en 2 de septiembre de 2008