

308917
6
205



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
ESCUELA DE INGENIERIA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ANALISIS EXPERIMENTAL DE RECUPERACION
DEL DESPERDICIO INDUSTRIAL DE
ALAMBRE MAGNETO ESMALTADO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA : INGENIERIA INDUSTRIAL

PRESENTA

EMILIO JORGE CARRERA MENDIOLA

DIRECTOR : ING. PEDRO CREUHERAS VALLCORBA

MEXICO, D.F. 1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

Introducción.....	1
Planteamiento	
Objetivo	
1.- Antecedentes Históricos.....	3
2.- Alambre Magneto.....	4
3.- Planta Magneto.....	6
3.1.- Estructura Organizacional	
3.2.- Línea de Productos - Alambre Magneto	
3.3.- Proceso de Manufactura	
3.3.1.- Proceso de Rasurado	
3.3.2.- Proceso de Estirado	
3.3.3.- Proceso de Esmaltado	
4.- Análisis de Alternativas Químicas.....	15
4.1.- Análisis Experimental	
4.2.- Conclusiones	
5.- Análisis de Alternativas Térmicas.....	20
5.1.- Aplicación de Fuego Directo y Alcohol Butílico - Analisis Experimental	
5.2.- Alternativa Actual - Análisis Económico	
5.3.- Aplicación de Fuego Directo y Alcohol Butílico - Análisis Económico	
5.4.- Análisis Económico Comparativo	
6.- Análisis de Alternativas Mecánicas.....	26
6.1.- Estirar Alambre Magneto	
6.2.- Dado Rasurador - Análisis Experimental	
6.3.- Alternativa Actual - Análisis Económico	
6.4.- Dado Rasurador - Análisis Económico	
6.5.- Análisis Económico Comparativo	
7.- Análisis Cuantitativo del Desperdicio de Alambre Magneto.....	33
7.1.- Desperdicio de Producto Terminado - Esmaltado Vertical	
7.2.- Desperdicio de Producto en Proceso - Esmaltado Vertical	
7.3.- Desperdicio Recuperable Mediante Aplicación de Fuego Directo y Alcohol Butílico	
7.4.- Desperdicio Recuperable Mediante Dado Rasurador	
Conclusiones.....	37
Bibliografía.....	44

ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE RECUPERACION DEL DESPERDICIO INDUSTRIAL DE ALAMBRE MAGNETO ESMALTADO

Introducción

La presente tesis tiene por objeto documentar el análisis y desarrollo experimental de diferentes alternativas de recuperación de desperdicio de alambre magneto esmaltado, evaluadas a finales de 1985 en la Planta Magneto de Nacional de Conductores Eléctricos S.A. de C.V. (NACEL).

El presente estudio fue realizado en el contexto del inicio de la apertura comercial de México, en el marco de un proceso de reconversión industrial desarrollado a partir del reconocimiento de un incompetente nivel de desperdicio y productividad.

Planteamiento

En el período comprendido entre enero y agosto de 1985, el nivel de desperdicio de alambre magneto representó el 16.8% de la producción total de NACEL-Planta Magneto.

A mediados de ese año, el Gobierno Federal autorizó la importación de alambre magneto para consumo en el mercado nacional, fijándose una cuota arancelaria de 40% respecto del precio de compra en el mercado internacional.

El nivel de precios interno era competitivo en función de la cuota arancelaria vigente, sin embargo, en la medida en que ésta disminuyera, NACEL-Planta Magneto vería comprometida su competitividad y permanencia en el mercado nacional.

El incremento de productividad y la reducción del nivel de desperdicio fueron objetivos de vital importancia para asegurar la permanencia y el desarrollo de la empresa.

Empero, en el contexto del inicio de la apertura comercial de México, en una empresa cuyo índice de desperdicio de producto en proceso y producto terminado representaba tres veces el índice internacionalmente operado y ante un proceso de manufactura cuyo "arranque" o "cambio de producto" implica necesariamente desperdicio de producto en proceso, fue indispensable analizar alternativas de recuperación de desperdicio.

Objetivo

Definir procedimientos viables económica y funcionalmente, de recuperación del desperdicio de alambre magneto esmaltado, en forma de alambre desnudo de cobre.

1.- Antecedentes Históricos

En la provincia de Magnesia, en Asia Menor, hace más de 2,000 años que los Chinos descubrieron la magnetita, interesante roca que al ser suspendida gira y apunta en una misma dirección. Esta característica, permitió al hombre utilizar la magnetita a manera de rudimentario compás.

Filósofos y científicos estudiaron durante mucho tiempo el fenómeno del magnetismo, sin embargo, no fue sino hasta principios del S. XIX en que el origen y naturaleza de esta compleja fuerza fueron comprendidos.

En abril de 1820, un físico Danés, Hans Christian Oersted, descubrió que el flujo de corriente eléctrica a través de un alambre tuvo como consecuencia el movimiento de una aguja magnética (compás) cercana. En 1831, un inglés, Michael Faraday y un norteamericano, Joseph Henry, desconocidos entre sí, descubrieron que un magneto en movimiento induce flujo de corriente eléctrica en una bobina.

Una vez comprendida la teoría de electricidad y magnetismo, los inventos se multiplicaron durante los siguientes 50 años. En 1834, en Rusia, Jacobi inventó el primer motor de corriente directa impulsado a partir de celdas electrolíticas. Morse comercializó el telégrafo en 1837 y diversos motores de corriente directa y generadores fueron desarrollados en los años 1860's y 70's. Bell transmitió su primer mensaje en 1876. Seis años después, Edison inició la operación de su estación generadora de electricidad (560 kW), en Pearl Street, New York.

Este fue el principio de la era de la electricidad y del alambre magneto.

2.- Alambre Magneto

Alambre magneto es todo conductor utilizado para generar un campo magnético útil, característica que lo diferencia de todo conductor utilizado para transmitir energía eléctrica de un punto "A" a un punto "B".

Los alambres magnetos utilizados en los primeros experimentos fueron aislados manualmente mediante fibras y tejidos. Faraday menciona en su diario de agosto 29 de 1831, haber separado las vueltas en bobinas de alambre de cobre, mediante "hilo y cálico". Esta manufactura satisfizo necesidades experimentales, empero, fue generalmente inaceptable para aplicaciones comerciales. Apuntes de la época registran esfuerzos por utilizar resinas naturales -e.g. barnices para madera- para esmaltar los conductores, sin embargo, estos barnices generalmente agrietaban su superficie al conformarse las bobinas.

No fue sino hasta principios del siglo XX en que la Dudlo Company en Ft. Wayne, Indiana, y la Belden Company en Chicago, Illinois, descubrieron los secretos para formular -a partir de gomas y resinas naturales- esmaltes suficientemente flexibles para soportar los procesos de embobinado de alambre.

Desafortunadamente estos primeros esmaltes difícilmente aseguraban una correcta operación en conductores cuadrados y rectangulares, usualmente utilizados en unidades de alto voltaje. Este problema quedó resuelto en 1938, al introducir la General Electric Company el Formex, resina sintética formulada a partir del polivinil formal -Formvar- de Monsanto. Este material permitió adicionar espesores de esmalte a conductores circulares, cuadrados y rectangulares en dimensiones antes no vistas con esmaltes óleo-resinosos.

El desarrollo de alambre magneto Formvar tuvo como consecuencias la reducción de volúmenes en aparatos e incrementos de productividad derivados del uso de equipos automáticos de embobinado.

Durante los siguientes 40 años, el avance de la química de polímeros ha permitido desarrollar más de 300 tipos y grados de alambre magneto, cada uno de ellos específicamente orientado en aplicación e industria.

Hoy día, el rango de alambre magneto disponible es muy amplio y se encuentra comprendido en los límites de 1.3 *circular mil*¹ de sección de área en circulares extrafinos y 320,000 *circular mil* de sección de área en conductores rectangulares.

El rango fino de alambre magneto (35 AWG y menores) encuentra su aplicación en bobinas para instrumentos, relevadores de control, solenoides, pequeños motores y transformadores de bajo voltaje.

El rango intermedio (25-34 AWG) es utilizado en bobinas para ignición, pequeños motores universales, pequeños transformadores de potencia, relevadores y solenoides de alto voltaje.

El rango grueso de alambre magneto (14-24 AWG) es utilizado en motores, alternadores, transformadores, relevadores de corriente, solenoides y reactores.

El rango de circulares extragruesos y rectangulares es fundamentalmente utilizado en motores, bobinas automotrices, generadores y transformadores.

1. - Un "Circular mil" es el área de la sección transversal de un alambre cuyo diámetro es de una milésima de pulgada y equivale a 0.0005067 mm²

3.- Planta Magneto

NACEL-Planta Magneto se encuentra ubicada en la zona Industrial Vallejo, en México D.F. Es una empresa -subsidiaria de Grupo Condemex- orientada a la manufactura de alambre magneto, barnices de impregnación y aislamientos.

Volumen de Ventas²

Domésticas 104,816 millones de pesos / año.

Exportación 30,977 millones de pesos / año.

3.1 - Estructura Organizacional

En su estructura organizacional, NACEL-Planta Magneto contempla -en síntesis-, cinco funciones interdependientes.

Función de Materiales:

Es la función que atiende la responsabilidad de suministro de producto terminado al Mercado, en tiempo y calidad satisfactorios. Se ejerce en el área de Materiales a través de la administración de los recursos máquina y materia prima. Es su responsabilidad asegurar índices en Nivel de Servicio y Nivel de Inventarios definidos en el Plan Estratégico de Desarrollo.

Función de Manufactura:

Es la función que atiende la responsabilidad de producción en planta y se ejerce en las áreas de Manufactura a través de la administración del recurso de mano de obra. Es su responsabilidad asegurar índices de productividad y desperdicio definidos en el Plan Estratégico de Desarrollo.

Función de Mantenimiento:

Es la función que atiende la responsabilidad de asegurar una continua operación del recurso máquina. Se ejerce en el área de Mantenimiento a través de la administración del recurso de mano de obra y presupuesto autorizado.

2.- Fuente: NACEL - Administrativo de Ventas, Estadística 1990.

Función Técnica:

Es la función que atiende la responsabilidad de proporcionar el Diseño de Producto y Proceso de Manufactura que aseguren satisfacción permanente en características de producto vs. requerimientos de Mercado. Se ejerce en el área de Ingeniería de Proceso mediante la autorización de especificaciones en materias primas, productos en proceso y productos terminados, mediante la identificación de condiciones de operación y el establecimiento de rutas de proceso.

Función de Aseguramiento de Calidad:

Es la función que atiende la responsabilidad de asegurar el cumplimiento de especificaciones en materias primas, productos en proceso y productos terminados. Se ejerce en el área de Aseguramiento de Calidad a través de la inspección de materias primas, productos en proceso y productos terminados. Así como mediante la supervisión al cumplimiento de condiciones de operación y rutas de proceso.

3.2.- Línea de Productos - Alambre Magneto

Alambre magneto esmaltado con resina polivinil formal modificada, Clase Térmica 105°C. Aplicaciones: transformadores en aceite, transformadores tipo seco, motocompresores herméticos, bobinas en general.

Alambre magneto soldable, esmaltado con resina poliuretano modificada, Clases Térmicas 105°C y 155°C. Aplicaciones: relevadores, solenoides, transformadores de bajo voltaje, motores de aparatos electrodomésticos, bobinas encapsuladas, bobinas en aplicaciones electrónicas.

Alambre magneto soldable, esmaltado con una base de resina poliuretano modificada y una sobrecapa de Nylon, Clases Térmicas 130°C y 155°C. Aplicaciones: relevadores, bobinas encapsuladas, motores de aparatos electrodomésticos, transformadores de bajo voltaje.

Alambre magneto soldable, esmaltado con una base de resina poliéster modificada y (opcional) sobrecapa de Nylon, Clase Térmica 155°C. Aplicaciones: motores de aparatos electrodomésticos, balastos, transformadores tipo seco, transformadores de control, bobinas encapsuladas, bobinas para ignición, relevadores.

Alambre magneto esmaltado con resina poliéster modificada, Clases Térmicas 155°C y 180°C. Aplicaciones: motores de aparatos electrodomésticos, motores Clase F, transformadores tipo seco, bobinas encapsuladas; motores herméticos, motores para herramientas, relevadores, transformadores de control.

Alambre magneto esmaltado con una base de resina poliéster modificada y una sobrecapa de Nylon, Clases Térmicas 155°C y 180°C. Aplicaciones: motores, transformadores tipo seco, bobinas encapsuladas; motores para herramientas, relevadores, transformadores de control.

Alambre magneto esmaltado con una base de resina poliéster modificada y una sobrecapa de Amida Imida, Clase Térmica 200°C. Aplicaciones: motores abiertos, motores herméticos, transformadores tipo seco, bobinas automotrices.

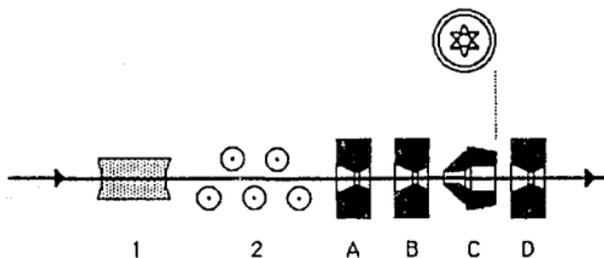
3.3.- Proceso de Manufactura

El proceso de manufactura de alambre magneto contempla -en síntesis-, tres distintos subprocesos de manufactura:

3.3.1.- Proceso de Rasurado

Imperfecciones originadas en el proceso de manufactura de alambre de cobre (impurezas, porosidad, aspereza, grietas, hojuelas, etc.) son causa de desprendimiento y ruptura del esmalte de alambre magneto; de ahí que el proceso de manufactura de éste último se inicie asegurando una extraordinaria calidad superficial de cobre. El alambre de cobre es rasurado en 0.005-0.008 plg.

Aún cuando existen variaciones en detalles del proceso de rasurado, generalmente éste inicia con una operación de estirado que reduce y uniformiza el diámetro de alambrcn de cobre. Es entonces que éste último es rasurado y calibrado en la Unidad de Rasurado.



Proceso de Rasurado de Cobre . Línea de Operación

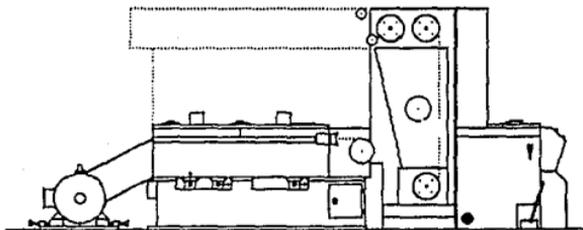
- 1.- Armazn o polea de soporte.
- 2.- Rodillos ranurados.
- A.- Primer Dado Guía.
- B.- Segundo Dado Guía.
- C.- Dado Rasurador.
- D.- Dado Final o Calibrador.

En la Unidad de Rasurado el alambrcn de cobre penetra por una serie de dados (usualmente 3 ó 4) que contiene un dado rasurador, este dado remueve una cantidad específica de metal de la circunferencia del alambrcn de cobre.

3.3.2.-

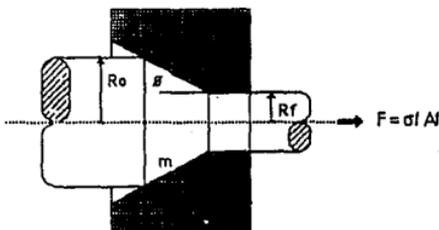
Proceso de Estirado

Una vez rasurado el alambón de cobre, éste es estirado en múltiples ocasiones -reduciendo así su diámetro-, hasta obtener dimensiones específicas previamente establecidas, e.g. AWG, DIN.



Proceso de Estirado

El alambón de radio R_o es reducido a radio R_f mediante su desplazamiento a través del dado de estirado. La reducción obtenida es medida en términos de áreas de sección transversal en R_o y R_f .



$$\sigma l = f(R_o/R_f, \beta, m)$$

El proceso de estirado contempla tres importantes variables:

- 1.- La razón de radios (R_o/R_f) o una de sus variantes de expresión:
razón de áreas $(R_o/R_f)^2$ o
reducción relativa $(A_o-A_f)/A_o$.
- 2.- El ángulo de reducción del dado de estirado, ϕ .
- 3.- La fricción que existe entre dado de estirado y alambón.

Todo punto en que exista movimiento entre dos superficies presenta resistencia a ese movimiento, es decir fricción. Los conceptos básicos más usuales respecto del esfuerzo de fricción τ son:

- 1.- Fricción de Coulomb.- Asume que el esfuerzo cortante τ es directamente proporcional a la presión p ejercida entre objeto y herramienta. Entonces $\tau = \mu p$, donde el factor de proporción -coeficiente de fricción Coulomb- es μ y se asume constante para un determinado objeto, herramienta y lubricante.
- 2.- Fricción Constante.- Asume que el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la solidez del objeto. Entonces, $\tau = m \sigma_o / \sqrt{3}$ donde el factor de proporción -factor cortante- es m y se asume constante $0 \leq m \leq 1$ para un determinado objeto, herramienta y lubricante.
- 3.- Lubricación Hidrodinámica.- Cuando existe una película lubricante entre objeto y herramienta, entonces prevalece la lubricación hidrodinámica y sus principios.

Si bien, éstas tres variables de proceso -reducción, ángulo de reducción y fricción- son independientes entre sí, el esfuerzo de estirado debe ser caracterizado en términos de reducción, ángulo de reducción y fricción, relacionados entre sí.

Las deformaciones plásticas inherentes al proceso de estirado ocurren bajo la influencia del dado de estirado y en su vecindad. Al observar el proceso es posible notar que en ocasiones el alambre se abomba antes de entrar en contacto con el dado de estirado y en ocasiones, éste converge antes de entrar al dado de estirado; puede inclusive abombarse y converger en secuencia.

El fluir del alambre es generalmente convergente al dado, su sección transversal se reduce al tiempo que se alarga, su velocidad se incrementa en la medida en que se acerca a la salida del dado de estirado. En la salida, el alambre puede o no separarse del dado. Todas estas variaciones deben su existencia al patrón que presente el menor esfuerzo al flujo del alambre o metal a través del proceso.

3.3.3.-

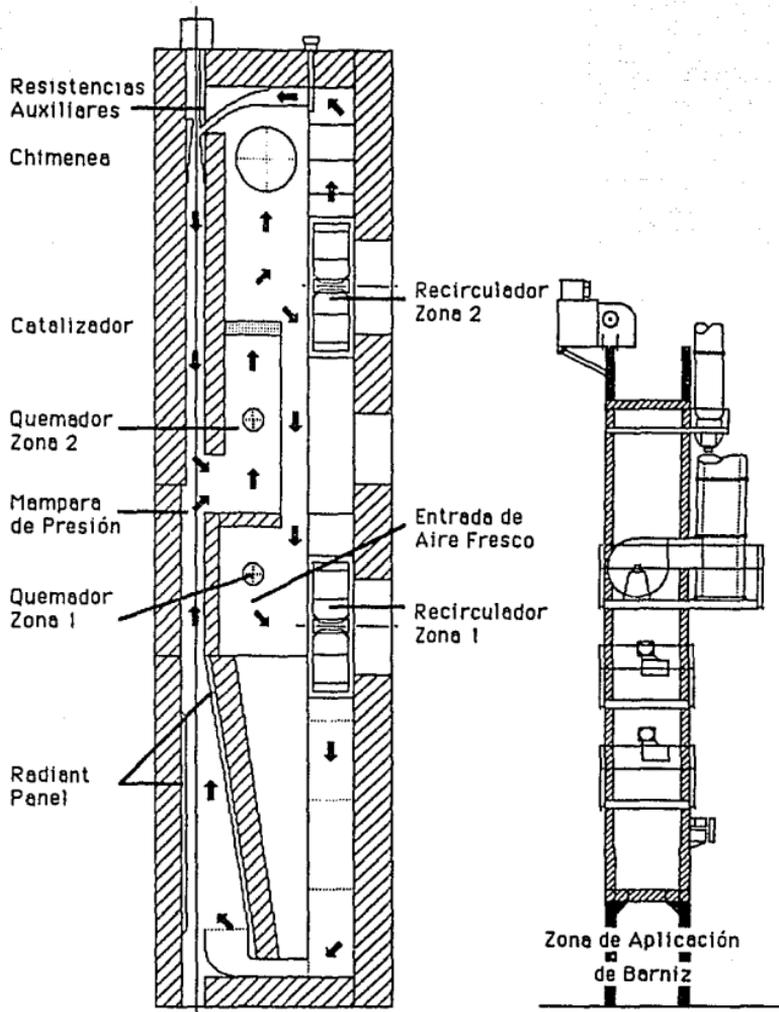
Proceso de Esmaltado

El alambre de cobre obtenido en Estirado es suministrado a un horno de recocido cuya función es asegurar limpieza superficial de cobre y liberar esfuerzos estructurales internos, permitiendo así, el cumplimiento de características mecánicas en producto terminado (e.g. adherencia, elongación, resorteo, etc.).

Una vez limpio y recocido el alambre de cobre, éste es inmerso en barniz de esmalte e introducido en un horno de evaporación de solventes (zona 1) y reticulación de esmalte (zona 2), proceso que proporciona al alambre de cobre una película de aislamiento en dimensiones y características específicas, e.g. tipo de producto, Clase Térmica, construcción.

El alambre de cobre es esmaltado en múltiples ocasiones -en un proceso continuo-, hasta obtener dimensiones en cobre y esmalte requeridas, e.g. especificación Nema, Westinghouse, DIN.

Finalmente, el alambre magneto es embobinado en carretes de producto terminado, inspeccionado, enfajillado, pesado y embarcado a cliente.



Proceso de Esmaltado

Zona 1

Es la zona de evaporación de solventes e integra un quemador que recibe y calienta el aire fresco, un recirculador que orienta este aire y gases que provienen de Zona 2 hacia el Radiant Panel y por último, el Radiant Panel.

Radiant Panel

Formado por dos bancos de resistencias tubulares cuya función es iniciar el proceso de calentamiento de la masa de cobre, antes de que ésta arrive a Zona 2. El Radiant Panel es asimismo, el conducto para recibir y orientar el aire fresco y los gases que provienen de Zona 2.

Mampara de Presión

Ubicada al final de Zona 1 regula y direcciona los gases que provienen de Zona 1 y Zona 2 hacia el quemador de Zona 2.

Zona 2.-

Es la zona de reticulación del esmalte e integra un quemador que recibe y calienta los gases que provienen de la Mampara de Presión, Catalizadores que incrementan temperatura al asegurar una eficiente combustión de gases y un recirculador que orienta estos gases hacia la Mampara de Presión, en sentido contrario al sentido del alambre.

Catalizadores.-

Formados por paneles rellenos de fibras metálicas impregnadas en sales de platino; sus funciones son incrementar la temperatura de los gases que reciben del quemador de Zona 2, asegurando en 95%-98% su combustión y eliminar residuos de solventes en los gases que provienen de Zona 1.

Chimenea de Extracción.-

Ubicada al final de Zona 2, permite la salida de gases al exterior, manteniendo así una presión interna constante.

Resistencias Auxiliares.-

Ubicadas en la parte superior del horno, justo antes de la ranura de salida; su función es calentar el aire fresco que recibe el sistema por efecto de succión o venturi debido al flujo de gases hacia la Mampara de Presión.

4.- Análisis de Alternativas Químicas

Existen básicamente cuatro tipos diferentes de esmaltes en la manufactura de alambre magneto:

- 1.- Polivinil Formal
- 2.- Poliuretano modificado, Poliuretano modificado + Nylon.
- 3.- Poliéster modificado, Poliéster modificado + Nylon.
- 4.- Poliéster modificado + sobrecapa de Amida Imida.

Con base en la asesoría y opinión del Departamento de Ingeniería de Proceso se seleccionaron tres compuestos básicos de ataque químico al esmalte de alambre magneto, de tal forma que diferentes soluciones y concentraciones de los mismos fuesen evaluadas.

Estos compuestos son:

- 1.- Acido Sulfúrico.
- 2.- Fenol.
- 3.- Sosa Caústica.

4.1.- Análisis Experimental

La tabla 1.1 indica el nivel de ataque químico experimentado en cada tipo de esmalte y calificación comparativa respecto del nivel de ataque obtenido en el resto de esmaltes:

GLICERINA		Solución de Ataque			Solución		Tipo de Esmalte	
Temp. Tiempo		Temp. Tiempo			Neutralizadora		Nivel de Ataque Químico	
°C	min.	°C min.					Calificación	
172	30	H ₂ SO ₄	50	60	NA ₂ CO ₃	Polivinil Formal (2)		
						Decolorado.		
		(ph cero)			27 gr / lt. agua	Poliuretano, Pu + Ny (1)		
						Decolorado.		
						Poliéster, Pe + Ny (3)		
						Decolorado.		
						Poliéster + Al (4)		
						Decolorado.		

Tabla 1.1.

GLICERINA		Solución de Ataque		Solución Neutralizadora		Tipo de Esmalte	
Temp. Tiempo		Temp. Tiempo		Temp. Tiempo		Nivel de Ataque Químico	
°C	min.	°C	min.	°C	min.	Calificación	
----	---	H ₂ SO ₄	14	---	NA ₂ CO ₃	Poliéster..., Pe + Ny (1)	
		(98%)			27 gr / lt. agua	Relativamente Quebradizo.	
						Poliéster + Al (2)	
						Relativamente Quebradizo.	
205	60	H ₂ SO ₄	90	34	NA ₂ CO ₃	PoliVinil Formal (2)	
		Industrial				Partes limpias, esmalte rígido	
		(50%)			27 gr / lt. agua	que se rompe al doblar el	
						alambre. Cobre oxidado.	
						Poliuretano, Pu + Ny (2)	
						Partes limpias, textura tipo	
						papel aceitoso, relativamente	
						fácil de quitar.	
						Poliéster..., Pe + Ny (1)	
						Partes limpias, muy fácil de	
						quitar.	
						Poliéster + Al (3)	
						Ligeramente decolorado.	
----	---	H ₂ SO ₄	80	16	NA ₂ CO ₃	PoliVinil Formal (2)	
		Industrial				Partes limpias en calibres	
		(25%)			27 gr / lt. agua	intermedios y finos, limpio en	
						calibres gruesos. Esmalte rígido,	
						fácil de romper.	
						Poliuretano, Pu + Ny (1)	
						Limpio, cobre oxidado.	
						Poliéster, Pe + Ny (2)	
						Limpio en calibres gruesos, el	
						esmalte semeja una película	
						de yeso fibroso, relativamente	
						fácil de quitar. Cobre oxidado	
						Poliéster + Al (3)	
						El esmalte semeja una película	
						tipo papel fibroso con yeso, no	
						rígida. Relativamente fácil de	
						quitar	

Tabla 1. 1 . (Continuación)

GLICERINA		Solución de Ataque		Solución	Tipo de Esmalte
Temp. Tiempo		Temp. Tiempo		Neutralizadora	Nivel de Ataque Químico
°C	min.	°C	min.		Calificación
----	---	H ₂ SO ₄	100 15	Na ₂ CO ₃	Polivinil Formal (1)
		Industrial			Esmalte negro, rígido y
		(50%)		27 gr / lt. agua	quebradizo, al doblar el alambre, éste se separa.
		Fenol			Poliuretano, Pu + Ny (2)
		(.093 gr. del vol. agua)			El esmalte perdió elasticidad, semeja una cáscara de esmalte que al tallar cae, adquirió, también, un color púrpura.
					Poliéster, Pe + Ny (4)
					Las dimensiones del esmalte disminuyen (e.g. 9 diezmilésimas en DTN calibre 17 AWG).
					No existe ataque aparente, ni tampoco decoloramiento significativo.
					Poliéster + Al (3)
					Existe un ligerísimo, insignificante, cambio de color.
----	---	Fenol	90 ---	H ₂ SO ₄	Polivinil Formal (3)
		(.1023 gr. del vol. agua)			Esmalte con textura de cáscara de esmalte, fraccionado, conserva
					cierta adherencia.
					Poliuretano, Pu + Ny (2)
					Esmalte con textura de cáscara de esmalte que al tallar cae.
					En algunas partes está separado.
					Poliéster, Pe + Ny (1)
					Muy buen resultado en calibres gruesos, partes muy limpias y óxido. En intermedios el esmalte semeja cáscara factible de quitar.
					Poliéster + Al (4)
					Existe variación de color.

Tabla 1. 1 . (Continuación)

GLICERINA		Solución de Ataque		Solución Neutralizadora		Tipo de Esmalte	
Temp. Tiempo		Temp. Tiempo		Temp. Tiempo		Nivel de Ataque Químico	
°C	min.	°C	min.	°C	min.	Calificación	
----	---	Sosa	30	H ₂ SO ₄		PoliVinil Formal	(3)
		Caústica		(20%)		Ligeramente decolorado, sin cambio aparente.	
		(Solución 50%)				Poliuretano, Pu + Ny	(4)
						Sin cambio.	
						Poliéster, Pe + Ny	(1)
						El Termamel Simple con textura tipo yeso, no fibrosa, muy fácil de quitar. Cobre limpio.	
						Poliéster + Al	(2)
						Ligeramente oscurecido.	
----	---	Sosa	35	H ₂ SO ₄		PoliVinil Formal	(2)
		Caústica		(34%)		Variación de color, oscurecido.	
		(25%)				No existe ataque significativo.	
		Agua				Poliuretano, Pu + Ny	(3)
		(75%)				Sin cambio.	
						Poliéster, Pe + Ny	(1)
		Fenol				Esmalte con textura de cáscara muy frágil, muy fácil de quitar, especialmente en calibres gruesos.	
		(.1023 gr. del vol. agua)				Calibres intermedios limpios. Cobre un poco oxidado.	
						Poliéster + Al	(2)
						Decolorado, el esmalte semeja una capa tipo yeso.	

Tabla 1. 1 . (Continuación).

En un principio se utilizó Glicerina para elevar temperatura de los alambres magneto antes de ser expuestos al ataque químico. Una vez evaluados los resultados de esta acción, su utilización fue descartada en los subsiguientes experimentos.

4.2.- Conclusiones

- El Acido Sulfúrico degrada, en orden decreciente:
 - 1.- Poliuretano modificado, Poliuretano modificado + Nylon.
 - 2.- Polivinil Formal, Poliéster modificado, Poliéster modificado + Ny
 - 3.- Poliéster modificado + sobrecapa de Amida Imida.
- La solución Acido Sulfúrico + Fenol degrada, en orden decreciente:
 - 1.- Polivinil Formal.
 - 2.- Poliuretano modificado, Poliuretano modificado + Ny
- El Fenol degrada, en orden decreciente:
 - 1.- Poliéster modificado, Poliéster modificado + Ny
 - 2.- Poliuretano modificado, Poliuretano modificado + Ny
 - 3.- Polivinil Formal.
- La solución Fenol + Sosa Caústica degrada:
 - 1.- Poliéster modificado, Poliéster modificado + Ny
- La Sosa Caústica degrada:
 - 1.- Poliéster modificado, Poliéster modificado + Ny
- No hubo alternativa en compuesto químico que degrade los cuatro tipos de esmaltes de manera uniforme. Diferentes calibres de un mismo esmalte experimentaron niveles de ataque distintos en igualdad de condiciones y solución de ataque.
- Debido a que cada esmalte tiene diferente composición química, el nivel de ataque obtenido por determinado compuesto químico es para todos distinto.
- En síntesis, recuperar desperdicio de alambre magneto por medio químicos es funcionalmente impráctico.

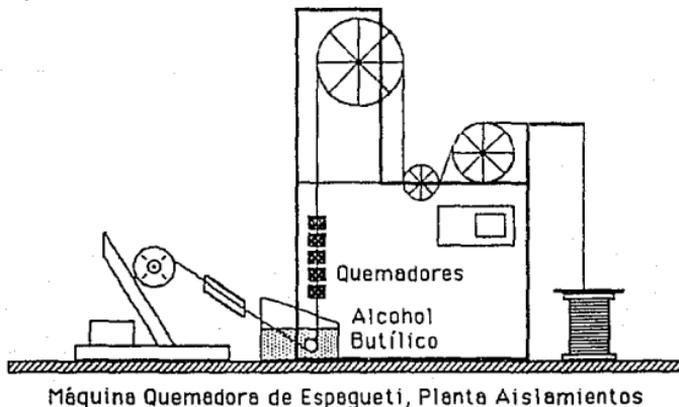
5.- Análisis de Alternativas Térmicas

Actualmente, cuando un operador desea conocer el diámetro de cobre de un alambre magneto realiza las siguientes operaciones: Introduce el alambre en un mechero hasta obtener el rojo vivo y posteriormente lo sumerge en solución de alcohol butílico y agua para así retirar el esmalte carbonizado y evitar la oxidación del cobre; es entonces que procede -utilizando un micrómetro- a medir diámetro de cobre.

Este procedimiento es el antecedente funcional del proceso de recuperación de desperdicio de alambre magneto por medio de la Aplicación de Fuego Directo y Alcohol Butílico.

5.1.- Aplicación de Fuego Directo y Alcohol Butílico - Análisis Experimental

Con el objeto de evaluar en la práctica esta alternativa de recuperación de desperdicio de alambre magneto, se realizaron los siguientes ajustes y modificaciones en la máquina quemadora de espagueti³ de Planta Aislamientos :



- 3.- Tejido tubular de hilo de libra de vidrio recubierto con un compuesto acrílico para alta temperatura. Cumpe los requerimientos de operación para equipos eléctricos Clase F (155°C).

Se invirtió el sentido de operación de la máquina, de tal forma que los quemadores de gas estuviesen colocados al final de la línea de operación. Se diseñó e instaló una tina contenedora de alcohol y agua inmediatamente después de los quemadores y por último, se realizaron trabajos mecánicos menores (ajuste de cadenas, polea para enrollador, etc).

En pruebas experimentales realizadas a velocidad promedio de 7 m./min. en alambres magneto calibres 14 AWG, 17 AWG y 18 AWG, se observó invariablemente una calidad de cobre bastante satisfactoria: prácticamente sin óxido, 40% de elongación y grano cristalino relativamente grande.

El diseño operativo de la máquina quemadora de espagueti -velocidades en poleas y enrollador independientes-, dificultó la obtención de una muestra de material suficientemente continua como para ser estirada: La mayor de ellas, consistió en 100 m. de alambre de cobre calibre 17 AWG.

Sin embargo, del análisis de sus características -cobre prácticamente sin óxido, 40% de elongación y grano cristalino relativamente grande-, se concluye que puede éste ser estirado a calibres menores.

Variables Operativas Críticas:

Debe considerarse que la distancia que separa la salida de los quemadores de gas de la solución alcohol butílico-agua, es un aspecto crítico del proceso y variable importante en la obtención de cobre sin óxido. En la máquina acondicionada para el efecto, ésta fue de 7 cm.

La combustión del alcohol butílico fue controlada mediante un diseño de tina contenedora que minimizó la entrada de oxígeno a su espacio interno.

En la obtención de una solución de alcohol butílico-agua eficiente, el porcentaje de concentración de alcohol es de aproximadamente 80%.

5.2.- Alternativa Actual - Análisis Económico

Actualmente, el procedimiento de recuperación de desperdicio de alambre magneto requiere de los procesos de:

Proceso Operativo	Empresa	Ubicación
Proceso de Fundición de cobre	Salmat	México, D.F.
Proceso de Colada Continua de cobre	Conticón	Celaya, Gto.

Ambos procesos representan respectivamente, la transformación del desperdicio de alambre magneto en lingote y alambión de cobre.

Este procedimiento de recuperación de desperdicio implica un egreso de: \$86.65 pesos/kg., que incluye costos por concepto de procesos en Salmat y Conticón, 2 Fletes México D.F.-Celaya Gto. y 5.2% de merma de cobre:

Alternativa Actual	\$/kg.
Salmat: Fundición de Cu.	8.67
Salmat: 5.2% de merma de Cu.	5.98
Flete Salmat-Conticón	8.50
Conticón: Colada Continua de Cu.	55.00
Flete Conticón-P. Magneto	8.50
Costo Total	86.65

5.3.- Aplicación de Fuego Directo y Alcohol Butílico - Análisis Económico

El costo estimado de fabricación de una Máquina Quemadora, diseñada específicamente para el efecto es:

Máquina Quemadora	\$
1 Motor Corriente Directa, 1. H.P.	207,000.00
1 Control Electrónico de Velocidad, Motor C.D	79,925.00
1 Motorreductor	46,000.00
Fabricación de Flechas y Poleas	150,000.00
Accesorios (Quemadores, etc.).	60,000.00
Estructura Metálica	50,000.00
Costo Total	592,925.00

Considerando una depreciación de 10.64% anual, el costo por concepto de uso y reposición de equipo es:

$$= (\$592,925.00 \times 0.1064) / (12 \text{ meses} \times 22 \text{ días/mes})$$

$$= \$238.96 \text{ diarios.}$$

Se ha contemplado un operador categoría B en su operación y un consumo de 50 lt. de gas/Hr. El costo actual de gas es de: \$16.33/m³.

El costo de energía eléctrica importa:

$$1 \text{ H.P.} \times 0.746 \text{ kW-Hr/H.P.} \times 7 \text{ \$/kW-Hr} = \$ 5.22 / \text{Hr.}$$

Es decir, un costo horario de proceso de:

Máquina Quemadora		\\$/Hr.
Mano de Obra (Cat. B)	\$ 5,174.56 / 8 Hr.	646.82
Consumo de Gas	0.05 m ³ /Hr. x 16.33 \\$/m ³	0.81
Energía Eléctrica		5.22
Costo Fijo	\$238.96 / 8 Hr.	29.87
Costo Total		682.72

El rango estimado de operación del proceso de recuperación de desperdicio de alambre magneto mediante la Aplicación de Fuego Directo y Alcohol Butílico es: 4 AWG-20 AWG.

Una vez desnudo el material, éste habrá de ser soldado y reembobinado en carretes de 100 kg. para posteriormente ser entregado al Centro de Trabajo de Estirado.

El costo horario de proceso de Soldado y Reembobinado es:

Soldado y Reembobinado	\\$/Hr.
Mano de Obra (Cat. C-2 máq.)	300.06
Gastos Variables	15.00
Gastos Fijos	94.50
Costo Total	409.56

Soldado y Reembobinado, Rendimiento de Operación			
Calibre	kg./km.	km./Hr.	kg./Hr.
04 AWG	188.00	.0030 x 60	33.84
05 AWG	149.00	.0040 x 60	35.76
06 AWG	118.00	.0050 x 60	35.40
07 AWG	93.80	.0065 x 60	36.58
08 AWG	74.40	.0080 x 60	35.71
09 AWG	59.00	.0100 x 60	35.40
10 AWG	46.80	.0130 x 60	36.50
11 AWG	37.10	.0160 x 60	35.61
12 AWG	29.40	.0205 x 60	36.16
13 AWG	23.40	.0260 x 60	36.50
14 AWG	18.40	.0325 x 60	35.88
15 AWG	14.70	.0410 x 60	36.16
16 AWG	11.60	.0520 x 60	36.19
17 AWG	9.24	.0650 x 60	36.03
18 AWG	7.32	.0800 x 60	35.13
19 AWG	5.80	.1050 x 60	36.54
20 AWG	4.61	.1300 x 60	35.95

En consecuencia, el costo promedio de recuperación de desperdicio de alambre magneto mediante la Aplicación de Fuego Directo y Alcohol Butílico -una vez incluidos costos por concepto de reembobinado y soldado- es:

Aplicación de Fuego Directo y Alcohol Butílico + Reembobinado y Soldado				
Rango,AWG	km./Hr.	kg./km.	kg./Hr.	\$/kg.
04 - 06	.007 x 60	151.66	63.69	22.41
07 - 09	.007 x 60	75.73	31.80	32.86
10 - 12	.007 x 60	37.76	15.85	54.38
13 - 15	.007 x 60	18.83	7.90	97.64
16 - 18	.007 x 60	9.38	3.93	184.73

Para efectos de análisis económico, se ha considerado una velocidad promedio de operación en Máq. Quemadora de 7 m./min.

Esta alternativa de recuperación de desperdicio de alambre magneto es -operativa y económicamente- competitiva en función directamente proporcional al diámetro de alambre que se contemple; en virtud de ello, se propone orientar su aplicación al rango de calibres 4 AWG-12 AWG y soleras esmaltadas.

Un calibre representativo del rango anterior sería aquél que pesara 88.38 kg./km., para efectos prácticos, se ha considerado al calibre 07 AWG como representativo del rango.

5.4.- Análisis Económico Comparativo

El procedimiento actual de recuperación de desperdicio de alambre magneto contempla su transformación en lingote y alambón de cobre, implicando así, la pérdida del valor agregado aportado en los procesos de Rasurado, Estirado y Esmaltado.

La alternativa que se plantea -Aplicación de Fuego Directo y Alcohol Butílico-, implica únicamente la pérdida del valor agregado aportado en el proceso de Esmaltado.

El costo por concepto de rasurado y estirado de alambón de cobre es:

Alambón de cobre ...> Calibre Ø = 07 AWG	\$/kg.
Mano de Obra	5.49
Gastos Variables	15.95
Gastos Fijos	5.96
Costo Total	27.40

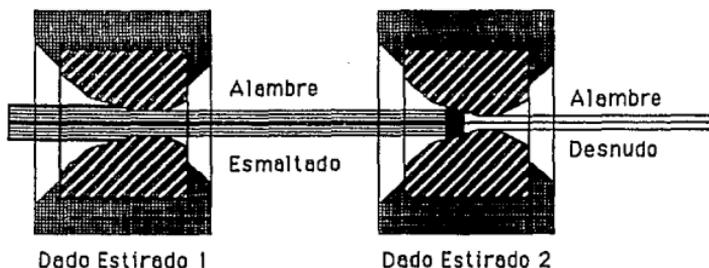
En síntesis:

Fuego D+A Butílico	\$/kg.	Alternativa Actual	\$/kg.
Costo Operativo	21.46	Costo Operativo	86.65
Soldado y Reembobinado	11.40	Alambón Cu ...> 07 AWG	27.40
Costo Total	32.86	Costo Total	114.05

6 - Análisis de Alternativas Mecánicas

6.1 - Estirar Alambre Magneto

El esmalte de alambre magneto es relativamente elástico, de tal manera que si éste último se estira, el esmalte es también estirado y se mantiene adherido al cobre. Empero, una vez alcanzado su límite de elasticidad -normalmente en el segundo dado de estirado-, el esmalte comienza a desprenderse del alambre de cobre y a depositarse en el dado y como consecuencia de ello, el esfuerzo a la tensión del alambre que se estira es incrementado continuamente hasta un punto en que revienta :

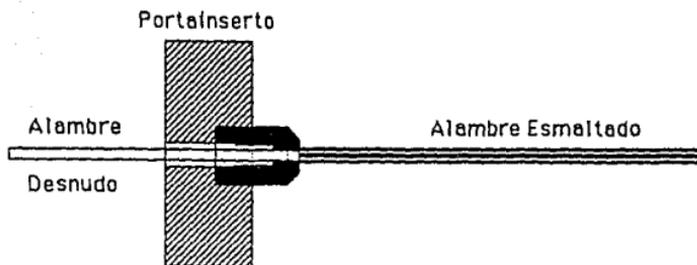


Esta alternativa mecánica fue fácilmente evaluada y descartada, sin embargo, de su estudio y análisis resultó el concepto del Dado Rasurador.

6.2.- Dado Rasurador - Análisis Experimental

Estirar desperdicio de alambre magneto como alternativa de su recuperación es funcionalmente inviable, su análisis fue un antecedente experimental en el desarrollo del Dado Rasurador como alternativa funcionalmente viable.

Se diseñó y fabricó un Dado Rasurador calibre 18 AWG en el Taller de Dados de NACEL-Planta Magneto, el calibre de éste estuvo determinado por las características físicas de los insertos de Carburo de Tungsteno disponibles

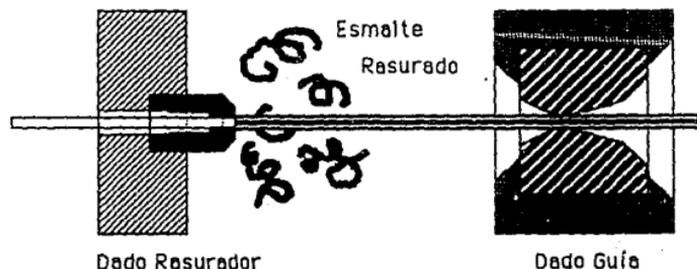


Dado Rasurador : Portainsero e inserto de Carburo de Tg.

Una vez obtenido el Dado Rasurador, se realizaron pruebas prácticas de su operación en 3 m./min., habiéndose obtenido muy buenos resultados en la calidad de rasurado del alambre esmaltado.

En ellas se observó que una correcta alineación del alambre con respecto al Dado Rasurador es premisa fundamental y crítica para la obtención de un correcto rasurado. De hecho, el no cumplir con esta condición, tiene como consecuencia inevitable reventones por incrustación del alambre en el Dado Rasurador.

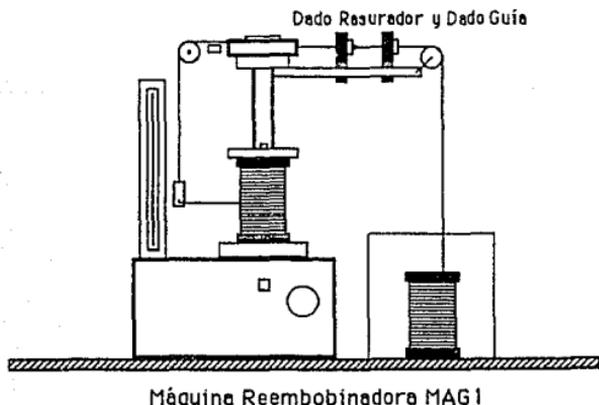
Del análisis anterior se concluyó la necesidad de utilizar un dado guía para el alambre esmaltado, que asegure dirección y tensión constantes en función del Dado Rasurador :



El alambre de cobre obtenido a partir del proceso de rasurado, modifica sus características dimensionales y de dureza en virtud del trabajo mecánico experimentado : estirado, rasurado, embobinado.

En pruebas experimentales realizadas a velocidad promedio de 3 m./min. en alambre magneto calibre 16 AWG, se observó una reducción de 5.5% en diámetro de cobre y reducción de 22 puntos porcentuales en elongación a ruptura -de 37% a 15%-. Este cobre es factible de ser estirado a calibres menores, ajustando así sus características dimensionales y de dureza a requerimientos específicos predeterminados.

Con el objeto de instrumentar la operación de rasurado, se diseñó y adaptó una unidad de rasurado en una máquina reembobinadora MAG-1, en el sótano de NACEL-Planta Magneto. Esta máquina fue seleccionada para el efecto debido a sus características de velocidad variable, capstan de tracción y bajo porcentaje de utilización : 33%.



El rango estimado de operación de la reembobinadora MAG-1 en el proceso de rasurado de alambre magneto es : 13 AWG-23 AWG.

Calibre	kg./km.
13 AWG	23.40
14 AWG	18.40
15 AWG	14.70
16 AWG	11.60
17 AWG	9.24
18 AWG	7.32
19 AWG	5.80
20 AWG	4.61
21 AWG	3.66
22 AWG	2.89
23 AWG	2.31

Un calibre representativo del rango anterior sería aquél que pesara 9.44 kg./km., para efectos prácticos, se ha considerado al calibre 17 AWG como representativo del rango.

Experimentalmente, se ha obtenido una velocidad máxima de 48 m./min. durante la operación de rasurado de alambre magneto Formanel 18 AWG.

6.3.- Alternativa Actual - Análisis Económico

Actualmente, el procedimiento de recuperación de desperdicio de alambre magneto requiere de los procesos de :

Proceso Operativo	Empresa	Ubicación
Proceso de Fundición de cobre	Salmat	México, D.F.
Proceso de Colada Continua de cobre	Conticón	Celaya, Gto.

Ambos procesos representan respectivamente, la transformación del desperdicio de alambre magneto en lingote y alambrón de cobre.

Este procedimiento de recuperación de desperdicio implica un egreso de \$ 86.65 pesos/kg., que incluye costos por concepto de procesos en Salmat y Conticón, 2 Fletes México D.F.-Celaya Gto. y 5.2% de merma de cobre :

Alternativa Actual	\$/kg.
Salmat : Fundición de Cu.	8.67
Salmat : 5.2% de merma de Cu.	5.98
Flete Salmat - Conticón	8.50
Conticón : Colada Continua de Cu.	55.00
Flete Conticón - P. Magneto	8.50
Costo Total	86.65

6.4.- Dado Rasurador - Análisis Económico

El costo de fabricación de un Dado Rasurador es :

Dado Rasurador	\$/hr.	hr	\$
Inserto de Carburo de Tg.	- ---	-	500.00
Máquina Electroerosionadora	1,425.00	3	4,275.00
Fabricación de Portainsero	1,425.00	1	1,425.00
Corte y Detalles (Cat. B)	646.82	8	5,174.56

Este tiene una vida útil de 500 kg., es entonces que el costo por concepto de fabricación de Dado Rasurador, por kg. de cobre rasurado es : $\$11,374.56/500 \text{ kg.} = 22.74 \text{ \$/kg.}$

Es importante considerar que la vida útil del Dado Rasurador puede ser incrementada al ajustar sus dimensiones a calibres mayores, en la medida en que éste se desgaste.

El costo horario de proceso de una máquina reembobinadora MAG-1 es :

Máquina reembobinadora MAG-1	\$/hr.
Mano de Obra	149.28
Gastos Variables	34.39
Gastos Fijos	135.42
Costo Total	319.19

Para efectos de análisis económico, se ha considerado una velocidad promedio de operación de rasurado de 40 m./min.

Calibre Ø	kg./km.	km./hr.	kg./hr
17 AWG	9.24	.04 x 60	22.176

Es decir, un costo promedio de operación por kg. de cobre rasurado de : $(319.19/22.176) \text{ \$/kg.} = 14.39 \text{ \$/kg.}$

Una vez rasurado el material, éste habrá de ser soldado y reembobinado en carretes de 100 kg. para posteriormente ser entregado al Centro de Trabajo de Estirado.

El costo horario de proceso de Soldado y Reembobinado es :

Soldado y Reembobinado	\\$/hr.
Mano de Obra (Cat. C - 2 máq.)	300.06
Gastos Variables	15.00
Gastos Fijos	94.50
Costo Total	409.56

Se estima una velocidad promedio de operación de soldado y reembobinado en carretes de 100 kg., de 65 m./min.

Calibre Ø	kg./km.	km./hr.	kg./hr
17 AWG	9.24	.065 x 60	36.036

Es decir, un costo promedio de operación por kg. de cobre soldado y reembobinado de : $(409.56/36.036) \text{ \$/kg.} = 11.36 \text{ \$/kg}$

6.5.- Análisis Económico Comparativo

El procedimiento actual de recuperación de desperdicio de alambre magneto contempla su transformación en lingote y alambón de cobre, implicando así, la pérdida del valor agregado aportado en los procesos de Rasurado, Estirado y Esmaltado.

La alternativa que se plantea -Dado Rasurador-, implica únicamente la pérdida del valor agregado aportado en el proceso de Esmaltado.

El costo por concepto de rasurado y estirado de alambrión de cobre es :

Alambrión de cobre ...> Calibre Ø = 17 AWG	\$/kg.
Mano de Obra	2.75
Gastos Variables	8.82
Gastos Fijos	11.65
Costo Total	23.22

En síntesis :

Dado Rasurador	\$/kg.	Alternativa Actual	\$/kg.
Dado Rasurador	22.74	Costo Operativo	86.65
Rasurado en MAG-1	14.39	Alambrión Cu ...> 17 AWG	23.22
Soldado y Reembobinado	11.36		
Costo Total	48.49	Costo Total	109.87

7.- Análisis Cuantitativo del Desperdicio de Alambre Magneto

En el período comprendido entre enero y agosto de 1985, el desperdicio de alambre magneto por concepto de puntas, rebabas, alambre desnudo, solera desnuda, alambre esmaltado y solera esmaltada, importó :

NACEL - Planta Magneto	
Desperdicio de Alambre Magneto	
enero	90,906 kg.
febrero	166,874 kg.
marzo	147,583 kg.
abril	160,120 kg.
mayo	160,570 kg.
junio	159,017 kg.
julio	145,366 kg.
agosto	124,202 kg.
Total	1,154,638 kg.

Cifra equivalente al 16.80% del volumen de producción de la empresa, en el período en cuestión.

7.1.- Desperdicio de Producto Terminado - Esmaltado Vertical

En el período comprendido entre enero y agosto de 1985, el desperdicio de alambre magneto cuantificado en carretes de producto terminado rechazados por Aseguramiento de Calidad y kg. en devoluciones por parte de clientes de NACEL-Planta Magneto, importó :

Esmaltado Vertical					
	Choque Térmico	Aspereza	Diámetro de Cu.	Diámetro Final	Clientes
	Carretes	Carretes	Carretes	Carretes	kg.
enero	115	70	77	53	8,600
febrero	125	104	96	59	6,900
marzo	47	85	79	49	10,000
abril	43	43	46	44	6,000
mayo	14	32	74	32	6,200
junio	92	29	76	40	7,700
julio	98	23	59	53	9,000
agosto	34	33	38	27	5,350
Total	568	419	545	357	59,750

Considerando que el peso promedio y típico de carrete de producto terminado en Esmaltado Vertical es 40 kg. y que 50% del material rechazado por concepto de aspereza, diámetro final y devolución de clientes fue seleccionado y finalmente aceptado, el desperdicio de producto terminado potencialmente recuperable importó :

Esmaltado Vertical - Area de Salvamento	
Desperdicio de Producto Terminado	
enero	14,440 kg.
febrero	15,550 kg.
marzo	12,720 kg.
abril	8,300 kg.
mayo	7,900 kg.
junio	11,950 kg.
julio	12,300 kg.
agosto	6,755 kg.
Total	89,915 kg.

Cifra equivalente al 7.78% del volumen de desperdicio de NACEL-Planta Magneto en el período enero-agosto de 1985 : 11,239 kg./mes de material correctamente embobinado, etiquetado y empaçado, factibles de ser recuperados mediante Dado Rasurador o Aplicación de Fuego Directo y Alcohol Butílico.

7.2.- Desperdicio de Producto en Proceso - Esmaltado Vertical

En el período comprendido entre enero y agosto de 1985, el desperdicio de producto en proceso de Esmaltado Vertical sumó :

Esmaltado Vertical	
Desperdicio de Producto en Proceso	
enero	39,335 kg.
febrero	68,881 kg.
marzo	68,070 kg.
abril	68,632 kg.
mayo	59,076 kg.
junio	56,147 kg.
julio	43,134 kg.
agosto	30,335 kg.
Total	433,610 kg.

Cifra equivalente al 37.55% del volumen de desperdicio de NACEL-Planta Magneto en ese período.

Este desperdicio tiene origen en diversas causas, cuya clasificación es -en términos generales- : arranque de máquina, cambio de producto, materia prima, maquinaria, mano de obra, clima, etc.

No existe información estadística respecto del origen e importancia relativa de éste en desperdicio de producto en proceso, sin embargo, al menos 20% de este desperdicio conserva características de longitud de tramo y embobinado similares al desperdicio de producto terminado; características que le permiten ser recuperado mediante Dado Rasurador ó Aplicación de Fuego Directo y Alcohol Butílico. Ello representa un mínimo promedio de 10,840 kg./mes.

7.3.- Desperdicio Recuperable Mediante Aplicación de Fuego Directo y Alcohol Butílico

Durante 1984, el volumen de producción de alambre magneto en el rango de calibres 04 AWG - 12 AWG representó el 9.55% del volumen de producción total de Esmaltado Vertical.⁵

En función de ello, se estima entonces un volumen de desperdicio de alambre magneto recuperable mediante Aplicación de Fuego Directo y Alcohol Butílico de :

Fuego Directo + Alcohol Butílico, Rango 04 AWG - 12 AWG	
Desperdicio de Producto Terminado	1,172 kg./mes
Desperdicio de Producto en Proceso	1,131 kg./mes
Desperdicio Recuperable	2,303 kg./mes

7.4.- Desperdicio Recuperable Mediante Dado Rasurador

Durante 1984, el volumen de producción de alambre magneto en el rango de calibres 13 AWG - 23 AWG representó el 82% del volumen de producción total de Esmaltado Vertical.

En función de ello, se estima entonces un volumen de desperdicio de alambre magneto recuperable mediante Dado Rasurador, de :

Dado Rasurador, Rango 13 AWG - 23 AWG	
Desperdicio de Producto Terminado	10,067 kg./mes
Desperdicio de Producto en Proceso	9,709 kg./mes
Desperdicio Recuperable	19,776 kg./mes

5.- Distribución del Rango de Producción de Esmaltado Vertical, 1984.

Fuente : NACEL-Planta Magneto, Gerencia de Materiales.

- A) Circulares Rango 04 - 12 AWG ,09.55 %
- B) Circulares Rango 13 - 23 AWG ,82.00 %
- C) Cuadrados y Rectangulares ,08.45 %

Conclusiones

- Existen alternativas de recuperación de desperdicio de alambre magneto cuya instrumentación no implica la pérdida total del valor agregado al producto -proceso de transformación- en NACEL-Planta Magneto.

Sin embargo, éstas no aplican en el 54.65%⁶ del volumen actual de desperdicio : puntas, rebabas, pedacería de alambre desnudo, de solera desnuda, de alambre esmaltado y de solera esmaltada, desperdicio de alambre esmaltado intermedio, fino y extrafino.

- El 15.3% del volumen de desperdicio de NACEL-Planta Magneto (33.7% del volumen de desperdicio de Esmaltado Vertical) puede ser recuperado mediante Aplicación de Fuego Directo y Alcohol Butílico y mediante Dado Rasurador: 22,079 kg./mes promedio.
- En consecuencia, el ahorro mensual estimado respecto del uso y aplicación del procedimiento actual de recuperación de desperdicio es :

Rango 04 AWG - 12 AWG			
	\$/kg.		kg./mes
Alternativa Actual	114.05	Desp. P. Terminado	1,172
Fuego D + A Butílico	32.86	Desp. P. Proceso	1,131
Ahorro Total	81.19	Total Recuperable	2,303

\$186,981/mes en el rango 04 AWG - 12 AWG

Rango 13 AWG - 23 AWG			
	\$/kg.		kg./mes
Alternativa Actual	109.87	Desp. P. Terminado	10,067
Dado Rasurador	48.49	Desp. P. Proceso	9,709
Ahorro Total	61.38	Total Recuperable	19,776

\$1,213,851/mes en el rango 13 AWG - 23 AWG

$$6.- \quad 54.65\% = (1 - (433,610 + 89,915)/(1,154,638))$$

- Es decir : 16.80 millones de pesos/año -pesos de 1985-, equivalentes a \$366'239,121 de diciembre de 1992.⁷
- Ambas alternativas de recuperación de desperdicio de alambre magneto representan oportunidades de gestión en la adecuación de NACEL-Planta Magneto al nuevo entorno competitivo derivado de la reciente apertura comercial.
- Indudablemente, la reducción del nivel de desperdicio, el incremento de productividad y especialmente, la consistencia en calidad de producto y servicio respecto de requerimientos de mercado, permanecen como objetivos vitales y ejes estratégicos en el desarrollo y permanencia de NACEL-Planta Magneto como empresa líder en México en la manufactura y comercialización de alambre magneto.

En este sentido y como consecuencia del inicio de la apertura comercial del país, NACEL-Planta Magneto adecuó estructuras organizacionales, métodos de trabajo y procesos operativos en aras de mantener su liderazgo y asegurar su permanencia y desarrollo en el negocio de alambre magneto en México.

A continuación se resume -cronológicamente- el proceso de reconversión industrial experimentado en NACEL-Planta Magneto durante el periodo 1985-1991.

1985 Se inició la apertura comercial del país.

A mediados de ese año, el Gobierno Federal autorizó la importación de alambre magneto para consumo en el Mercado Interno, fijándose una cuota arancelaria de 40% respecto del precio de compra en el Mercado Internacional.

7. - Fuente : Banco de México; Índice Nacional de Precios al Consumidor, (período junio de 1985 - diciembre de 1992).

El desperdicio de producto en proceso y producto terminado representó (en el período enero-agosto) el 16.8% del volumen de producción de NACEL-Planta Magneto, es decir, 3 veces el índice de desperdicio internacionalmente operado.

NACEL-Planta Magneto modificó su estructura organizacional asignando al Gerente de Planta la responsabilidad única y total de la operación de la planta.

1986 Se subdividió la planta en tres áreas operativas (Forrado, Estirado y Aplanado; Esmaltado Vertical y Esmaltado Horizontal); se asignaron responsables en Jefaturas de Producción, eliminándose así la figura del Mayordomo (intermediario en la Línea de Mando entre Jefaturas de Producción y Supervisores).

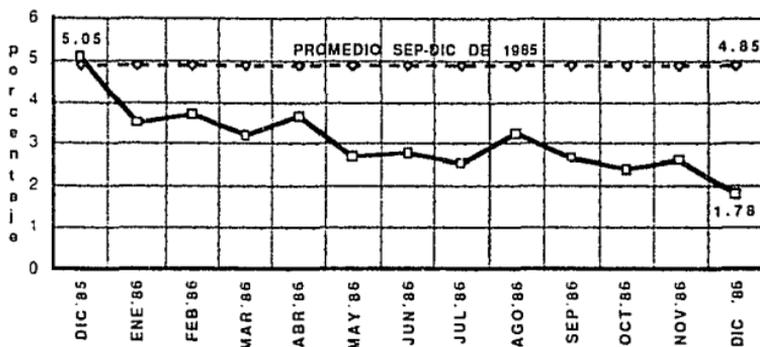
Se desmanteló y eliminó toda maquinaria ostensiblemente obsoleta.

Se establecieron metas de cumplimiento -en función de valores obtenidos durante el segundo semestre de 1985- en índices de desperdicio y productividad.

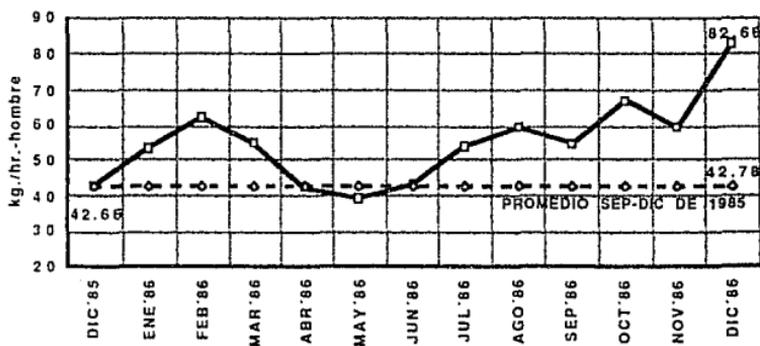
A continuación se muestra la evolución de estos índices para el área operativa de Forrado, Estirado y Aplanado; a cargo del autor del presente estudio durante 1986.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Desperdicio de F.E.A., porcentaje de manufactura, 1986



Productividad de F.E.A., kg/hr.-hombre, 1986



Como consecuencia de todo ello y de la continua supervisión en el desarrollo de estos índices, NACEL-Planta Magneto reportó a finales de 1986 índices de desperdicio menores al 8.5% del volumen de producción operado.

Este esfuerzo de productividad marcó el inicio de una nueva relación Empresa-Sindicato; relación que maduró -a partir de una crisis constante durante 1986-⁸, en un mutuo compromiso de calidad y productividad.

- 1987 Se modificaron procedimientos de operación -materias primas, temperaturas, líneas de dados- que permitieron incrementar el rango de calibres en la Línea de Productos entonces disponible.

A partir de 1987 y con el objeto de profesionalizar la gestión de su personal, NACEL-Planta Magneto estableció un programa de capacitación permanente y personalizado.

- 1988 Se desarrollaron productos y empaques internacionalmente disponibles y anteriormente inexistentes en México; como consecuencia de ello, NACEL-Planta Magneto duplicó su Línea de Productos.

El principal cliente de NACEL-Planta Magneto inició la importación de alambre magneto.

NACEL-Planta Magneto incrementó su participación en el mercado fronterizo -maquiladoras- y en el mercado de los E.U.A., diversificando así su cartera de clientes.

8.- Crisis derivada de una continua y considerable reducción de personal sindicalizado, de modificar criterios de asignación de cargas de trabajo, boletines, horas extras, vacaciones, etc.
e.g. F.E.A. ENE de 1986 : 72 obreros sindicalizados.
F.E.A. DIC de 1986 : 41 obreros sindicalizados.

1989 NACEL-Planta Magneto dió inicio a un Proceso de Mejora Continua, comprometiéndose en un proceso de Calidad Total.

Se estableció un diseño de producto y proceso de manufactura único e independiente del mercado -Nacional o Internacional- al que estuviera destinado el producto; es decir, se homologaron parámetros de diseño y desempeño de producto.

Para efectos de programación y control de la producción, así como para el correcto análisis de costos de fabricación, se documentó el diseño y proceso de manufactura en una base de datos que registró el total de insumos, subensambles y hojas de ruta de cada producto.

Se racionalizó el 80% de la Línea de Productos, eliminando tiempo trámite en Ordenes de Manufactura.

Se asignaron importantes recursos humanos y materiales al mantenimiento de equipo y maquinaria útil -ajuste de flujos, poleas, hornos de recocido-.

1990 Se inició el proceso de reconversión y renovación de equipo y maquinaria -substitución de rodillos de aplanado; instrumentación del estirado en tandem; inversión en equipo de laboratorio, en maquinaria con tecnología de punta-.

Se asignaron importantes recursos humanos y materiales en la sistematización de procedimientos administrativos e informativos.

1991 NACEL-Planta Magneto continuó el proceso de re-conversión industrial -rediseño de distribución de planta, instrumentación del estirado en tandem, adquisición de maquinaria con tecnología de punta-.

A partir de la apertura comercial y para bien de sí misma y de sus clientes -directos e indirectos-; NACEL-Planta Magneto inició una metamorfosis estructural que modificó su cultura organizacional y modus operandi en prácticamente todo rubro -Desperdicio, Productividad, Relación Sindical, Diseño y Desempeño de Productos, Línea de Productos, Servicio a Clientes, Sistemas-; revitalizando así su extinta fortaleza -consecuencia de una Política Industrial de Substitución de Importaciones, de Mercado Interno cautivo, de Subproductos y Superprecios-.

Hoy día, NACEL-Planta Magneto es una empresa con futuro en el México del Tratado de Libre Comercio.

Bibliografía

Electrical Wire Handbook

Published by The Wire Association International Inc.

by J. Kenneth Gillet and Michael M. Suba.
Magnet Wire Applications.

Nonferrous Wire Handbook, Volume 2, Bare Wire Processing.

Published by The Wire Association International Inc.

Wire Drawing - Theoretical Considerations.
by Betzalel Avitzur of Lehigh University.

Carbide Dies and Finishing Equipment.

by W.E. Glen of Glen Carbide, Inc. and T. Maxwell of Die Quip Corp.

The Shaving Process.

by R.B. Loree of Wean United, Inc. and J. E. Bunner and N.R. Smith of Phelps Dodge Copper Products Co.

Hojas Técnicas, NACEL-Planta Magneto, 1989.

- 10.1 Formanel.*
- 10.2 Soldanel.*
- 10.3 Soldanel-Nylon.
- 10.4 Termanel.*
- 10.4.1 Termanel-Nylon.
- 10.5 Amidanel.*
- 10.6 Politermanel.*
- 10.6.1 Politermanel-Nylon.
- 10.7 Polisoldanel.*
- 10.7.1 Polisoldanel-Nylon.
- 10.8 Soldatermanel.*
- 10.8.1 Soldatermanel-Nylon.
- 40.1 Espagueti Acrílico 155.*

Reportes Alpro "Alexander Proudfoot", NACEL-Planta Magneto, 1986.

Reporte Alpro, Desperdicio de F.E.A., 1986.
Reporte Alpro, Productividad de F.E.A., 1986.

* Marca Registrada de Grupo Condumex.