

# QUIMICA INDUSTRIAL

REVISTA CIENTIFICA DE LA ASOCIACION DE QUIMICOS  
INDUSTRIALES DEL URUGUAY

AFILIADA A LA AGRUPACION UNIVERSITARIA DEL URUGUAY, Av. AGRACIADA 1464 P. 13

Año IV

Volumen II

Noviembre de 1950

No. 1

## S U M A R I O

### PRIMERA SECCION

Editorial . . . . .	3
Conozcamos y hagámonos conocer mejor . . . . .	5

### SEGUNDA SECCION

#### Colaboraciones Originales

Conexión de los métodos de laboratorio, orientados a la producción industrial. Q. I. Alberto Julio Rivero Q. I. Raúl Vidal Sayago Sr. Roberto Lagarmilla . . . . .	11
Contribución al estudio de la fabricación de Acero en un horno Siemens-Martin de marcha básica. Q. I. Pablo Risso Brum Q. I. Carlos Marquillo Sr. Rafael Cárdenas Sr. Omar L. Bayo . . . . .	23

### TERCERA SECCION

#### Colaboraciones de Revisión, Divulgación y Enseñanza, Traducciones

Lubricantes y Lubricación. Q. I. Ruben Febles . . . . .	37
Conceptos sobre el teñido de la fibra textil. Perd. Ind. Luigi Bona . . . . .	67

### CUARTA SECCION

#### Bibliografía Química Nacional

Resúmenes . . . . .	75
---------------------	----

### QUINTA SECCION

Noticias de interés para la industria . . . . .	89
---	----

# CONEXION DE LOS METODOS DE LABORATORIO ORIENTADOS A LA PRODUCCION INDUSTRIAL

Laboratorio "U.T.E."

Q. I. ALBERTO JULIO RIVERO, Q. I. RAUL VIDAL SAYAGO  
Sr. ROBERTO LAGARMILLA

Esta modesta contribución, constituye uno de los diversos trabajos que se efectúan en el Laboratorio "U.T.E.". La realización industrial en sus diferentes aspectos, parece a veces ser muy simple y que puede ser llevada a cabo sin un previo estudio, realizándose sencillamente mediante "recetas". Este equivocado concepto —bastante arraigado— conduce inevitablemente a mala producción, a costa de tanteos, que al final resultan menos económicos que los estudios o investigaciones de Laboratorio.

Este trabajo traduce justamente la contribución y la estrecha vinculación de los Departamentos de Química, Metalografía y Espectrografía, al conocimiento previo de las posibilidades de industrialización.

## PLAN DE TRABAJO

Presentado el caso a un laboratorio químico de un análisis porcentual, con el objeto de industrializar el material en examen, éste debe ser orientado en diversos aspectos, a efectos de indicar en lo posible los "detalles" que se deben conocer para su producción posterior.

Nuestro ejemplo trata de 7 armaduras metálicas de accesorios eléctricos que constituyen parte del circuito magnético de los mismos y que numeramos del 1 al 7, correspondiendo los números 1 al 4 a armaduras móviles y los números 5 al 7 a armaduras fijas.

Estas piezas, en apariencia de hierro con revestimiento galvánico, se sometieron en primer término al ANALISIS ESPECTRAL con el objeto de conocer —mediante su indiscutida eficacia— los agregados e impurezas de la aleación, naturaleza de la capa galvánica, orientando en esa forma el ANALISIS QUIMICO posterior, en la elección de la marcha cuantitativa o técnicas a seguir, teniendo en cuenta los elementos aleantes e impurezas que se pueden destacar

fuera de las corrientes, propias de cada metal o aleación. Y para conocer las características microestructurales, tratamientos térmicos o mecánicos y la presencia, repartición, etc., de determinados elementos e impurezas, llegamos así al aporte valioso del EXAMEN METALOGRAFICO.

Con el fin de una mejor información, hemos resumido cuanto se refiere al *comportamiento magnético del hierro*, desde el punto de vista *químico y microestructural*, y en relación al uso o destino de las piezas metálicas examinadas.

### TECNICAS OPERATORIAS

Se resumen las técnicas y condiciones de las mismas en:

#### *Análisis espectral:*

En el examen de las muestras hubo de procederse por tomas espectrográficas localizadas en:

- a) Capa exterior;
- b) Masa metálica: aleación.

Tal discriminación es posible efectuarla con eficacia empleando el método de excitación por chispa eléctrica, que salta entre la parte de la pieza sometida a examen y un "contraelectrodo" cuya composición varía según al uso a que se destina.

1) *Forma de estudio:* Espectro de emisión. Chispa condensada, 10.000 v. con autoinducción e interruptor sincrónico. Contraelectrodo de grafito puro.

Espectrógrafo Zeiss para zona ultravioleta.

Para el examen comparativo de los espectrogramas se empleó la pantalla múltiple de Hartmann, operando directamente sobre la rendija del espectrógrafo. De este modo se evita todo movimiento del portaplaacas al pasar de una toma espectral a otra. Esta pantalla fué utilizada en cuatro orificios adyacentes, destinados respectivamente:

- a) A una toma de níquel metálico puro.
- b) A una toma cuerpo aleación.
- c) A una toma capa exterior galvánica.
- d) A una toma de cobre y hierro.

Dada la sencillez y la intensidad del espectro del carbono, no es

necesario proceder al descarte por comparación. Las rayas del carbono, 2478 y 2881 (atómicas) y las bandas del CN y CO (moleculares) formadas durante la descarga, no son confundibles con las de ningún otro elemento.

2) *Condiciones de impresión:* Abertura de la rendija: mm. 0,01. Distancia focal colimador: 403 mm. Distancia focal de la placa, a radiación media  $3100 \mu \text{Å}$ : 587 mm. Placa Selochrome Ilford de  $32^\circ$  Sch. Revelador: al metol-hidroquinona durante 4 minutos a  $18^\circ \text{C}$ .

3) *Lecture:* Efectuada en el *espectro-protector* Zeiss: suerte de microscopio que proyecta la imagen del negativo, aumentada 20 veces, sobre una placa blanca horizontal.

4) *Fotografía:* Se realizó en el mismo proyector, colocando sobre la placa de observación, un papel sensible. Las pruebas positivas así obtenidas fueron copiadas por contacto con otro papel sensible.

5) *Demarcación:* En cada serie de espectrogramas, correspondiente a la zona analítica de los principales elementos, se han indicado las rayas espectrales. Ver espectrograma adjunto.

#### *Análisis químico*

Se trata, en general, que las técnicas a seguir puedan ser aplicadas luego para el control de fabricación standard.

Manganeso: ataque mezcla ácida Scott. Hidrovolumetría, método del persulfato, dosado el  $\text{MnO}^4$  por arsenito de sodio. Técnica rápida y segura.

Cobre: ataque ácidos nítrico y sulfúrico, humos blancos. Hidrovolumetría, dosando con hiposulfito.

Níquel: solución filtrado de precipitación con sulfhídrico de técnica anterior. Gravimetría, método de la dimetilglioxima, efectuando variaciones de la técnica clásica por la presencia tan apreciable de hierro.

Azufre: ataque ácidos clorhídrico y sulfúrico, recogiendo el  $\text{SH}^2$  sobre cloruro de cadmio amoniacal; método por evolución. Hidrovolumetría dosando con hiposulfito.

#### *Examen metalográfico*

Las muestras destinadas a este examen se sometieron al corte para tener las secciones transversales y longitudinales de las mismas. Las preparaciones así obtenidas fueron sometidas a un esmerilado gradual, mediante papeles de esmeril. Finalmente se pulieron sobre paño empleando suspensión de alúmina metalográfica, hasta obtener una superficie brillante, libre de rayaduras.

Las micro-secciones fueron examinadas al microscopio sin ataque químico, a los efectos de observar inclusiones: cantidad, naturaleza (escorias, óxidos, sulfuros), forma y distribución (aumento 200 diámetros), no observándose cantidades anormales.

Para el examen de la microestructura se atacaron al Nital (solución alcohólica de ácido nítrico), obteniéndose las microfotografías en las condiciones siguientes:

Microscopio metalográfico Zeiss. Objetivo: acromático 18 ap. 0,3. Sistema de iluminación: iluminador vertical de Beck (campo claro). Ocular de proyección: longitud focal  $f$ : -70 cms. Aumento  $\times$  200. Filtro de luz: verde-amarillento 2 mm. Placas ortocromáticas.

### RESULTADOS

En los cuadros adjuntos indicamos los datos analíticos químico cuantitativos, los resultados del análisis espectral y del examen metalográfico con sus microfotografías. Asimismo el espectrograma de una de las muestras contra electrodos de comparación y tomado en la forma expuesta al detallar la técnica operatoria respectiva, demostrando así: Niquelado.

### BREVE RESEÑA SOBRE EL COMPORTAMIENTO MAGNETICO DEL HIERRO

Este breve resumen responde a una mejor información para la interpretación de los resultados obtenidos y dividimos en dos partes para poner a su vez en relieve cómo deben complementarse los métodos puramente *químicos* con los métodos *físico-químicos*. Así llegamos a destacar la íntima colaboración que en un Laboratorio de Química debe existir en sus distintos Departamentos, en nuestro caso especial: Químico, Metalográfico y Espectrográfico, para poder obtener las conclusiones que contribuyan al esclarecimiento de los distintos problemas científico-industriales.

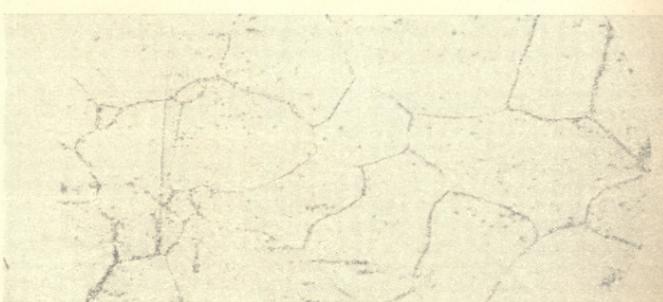
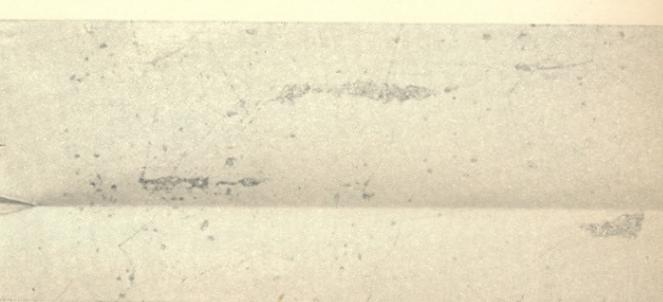
#### 1) *Influencia de los "constituyentes secundarios"* *sobre las propiedades magnéticas*

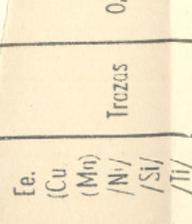
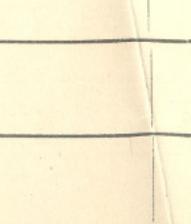
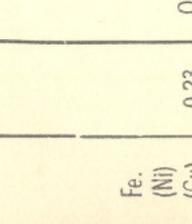
Las propiedades magnéticas de los metales son muy sensibles a la presencia de los "constituyentes secundarios" y varían en una gran medida, que depende de la estructura resultante de los diferentes tratamientos térmicos y mecánicos sometidos.

Los resultados de las experiencias se refieren sobre todo al hierro y a sus aleaciones, y los trabajos más importantes sobre este tema han sido efectuados por Yensen.

El medio más cómodo para representar las propiedades magnéticas de un metal consiste en trazar la curva de la intensidad del campo magnético en función de la inducción magnética.

## CUADRO DE DATOS

MUESTRA	Análisis Espectral	ANÁLISIS QUÍMICO CUANTITATIVO						EXAMEN METALOGRAFICO			
		Ni	Cu	Mn	Si	S	Ti	OBSERVACIONES	Aumento: x 200:	MICROFOTOGRAFIAS	Ataque: Nital
No 1 Armadura movil.	Fe. (Ni) (Cu) (Mn) /Si/	0,38	0,80	0,23	Trazas	0,041	—	<p>Cristales de ferrita, ligeramente estirados. Trazas de eutectoide perlita.</p> <p>Se observan inclusiones alargadas.</p> <p>Carbono del orden de <math>\times 10^{-2}</math> % (comprendido entre 0,008 y 0,08 %).</p>			
No 2 Armadura movil.	Idem.	0,25	0,56	0,21	Trazas	0,033	—	<p>Cristales de ferrita regulares. Trazas de eutectoide perlita.</p> <p>Se observan inclusiones.</p> <p>Carbono: ídem.</p>			
No 3 Armadura movil.	Idem	0,37	0,37	0,33	Trazas	0,025	—	<p>Cristales de ferrita muy desarrollados. Al centro red más fina de cristales alargados. Trazas de eutectoide perlita.</p> <p>Se observan algunas inclusiones estiradas.</p> <p>Carbono: ídem.</p>			
No 4 Armadura movil.	Idem.	0,31	0,32	0,35	Trazas	0,053	—	<p>Cristales de ferrita ligeramente alargados.</p> <p>Trazas de eutectoide perlita.</p> <p>Se observan inclusiones alargadas.</p> <p>Carbono: ídem.</p>			
No 5 Armadura lija.	Fe. (Cu) (Mn) /N/ /Si/ /Ti/	Trazas	0,61	0,034	Trazas	Falta muestr.	Trazas	<p>Cristales de ferrita regulares. Trazas de eutectoide perlita.</p> <p>Se observan inclusiones alargadas.</p> <p>Carbono: ídem.</p>			

<p>No 5 Armadura fija.</p>	<p>Fe. (Cu (Mn) /Ni/ /Si/ /Ti/</p>	<p>Trazas 0,61</p>	<p>0,034</p>	<p>Trazas</p>	<p>Falta muestr.</p>	<p>Trazas</p>	<p>Cristales de ferrita re- gulares. Trazas de eutec- toide perlita.  Se observan inclusio- nes alargadas.  Carbono: ídem.</p>	
<p>No 6 Armadura fija.</p>	<p>Fe. (Ni) (Cu) (Mn) /Si/</p>	<p>0,23</p>	<p>0,22</p>	<p>Trazas</p>	<p>0,045</p>	<p>—</p>	<p>Cristales de ferrita re- gulares. Trazas de eutec- toide perlita.  Se observan pocas in- clusiones.  Carbono: ídem.</p>	
<p>No 7 Armadura fija</p>	<p>Idem.</p>	<p>0,59</p>	<p>0,20</p>	<p>Trazas</p>	<p>0,025</p>	<p>—</p>	<p>Cristales de ferrita re- gulares. Trazas de eutec- toide perlita.  Se observan pocas in- clusiones.  Carbono: ídem.</p>	

**Comienza Otra Gráfica**

# ESPECTROGRAMA localizado para determinación de los distintos

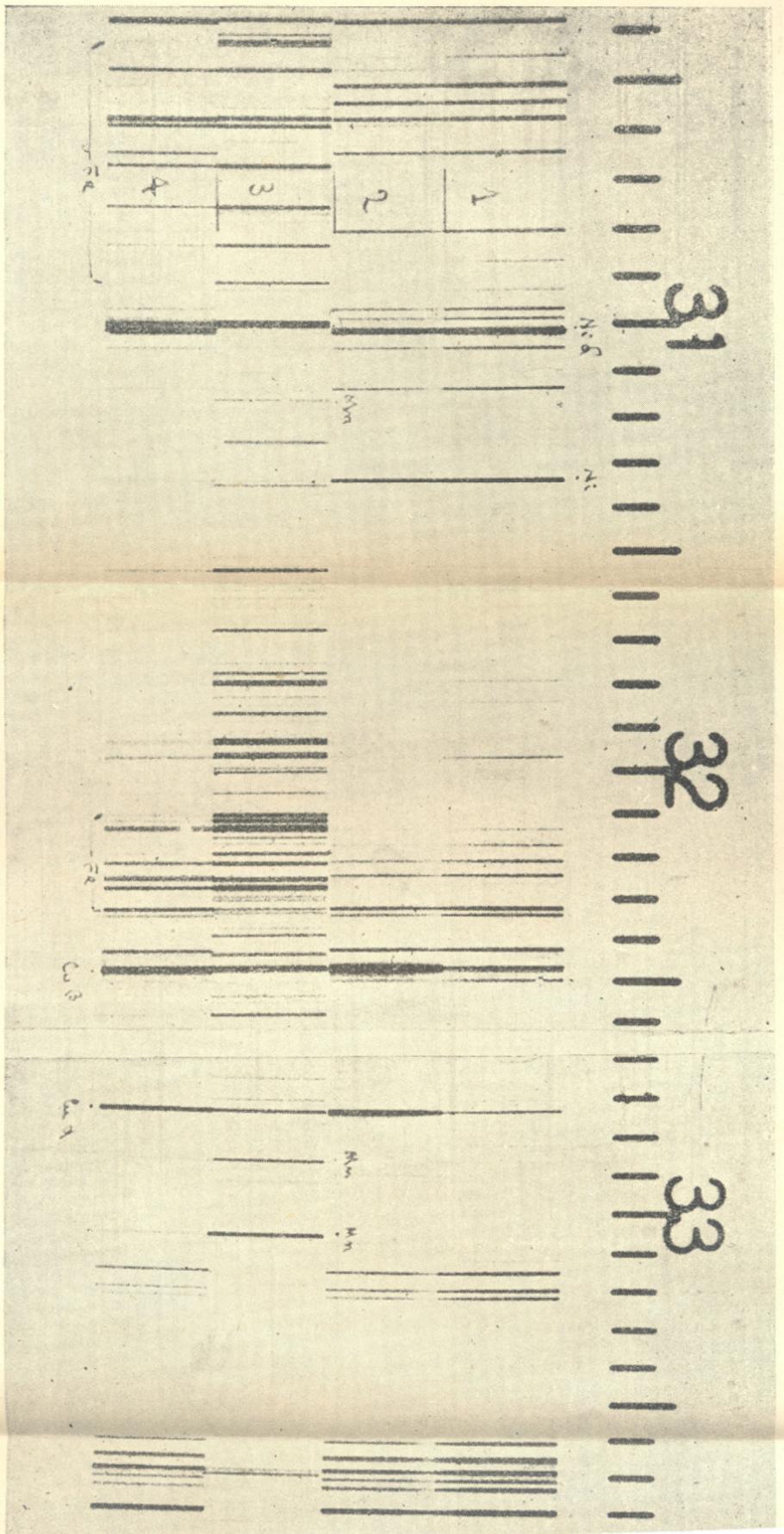
Capa exterior:

Fundamental ..... Niquel  
 Secundario ..... Cobre  
 Trazas ..... Hierro

Masa aleación:

Secundario ..... Hierro  
 Fundamental ... Silicio  
 Trazas ..... { Cobre  
 } Mangar

Conclusión: NIQUELADO de la muestra en examen



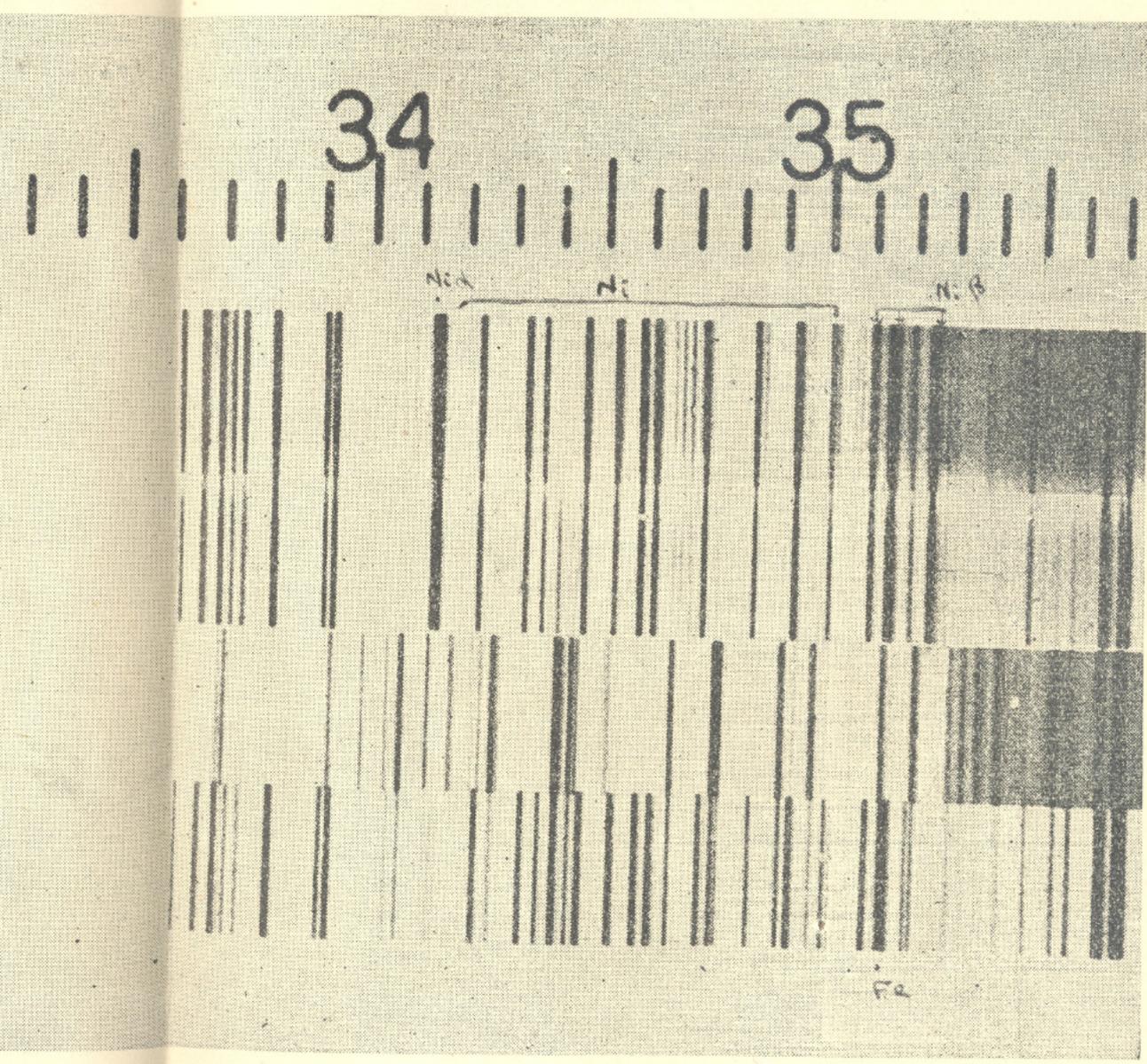
Espectrograma N.º 1: Toma de niquel metalico puro.  
 " N.º 2: cuerpo aleación.  
 " N.º 3: capa exterior galvánica.  
 " N.º 4: de cobre y hierro.

# los distintos elementos

ación:

- ario ..... Hierro
- mental ... Silicio
- ..... {Cobre
- }Manganeso

en examen



pi

ro.  
a.

COMPOSICION CENTESIMAL DE LA ALEACION

		ELEMENTOS						
Muestra	Carbono	Cobre	Manganeso	Azufre	Silicio	Titanio	Hierro (1)	
N.º 1 Armadura móvil	Del orden de $10^{-2}$ %	0,81	0,242	0,042	Trazas	—	98,9	
N.º 2 Armadura móvil	Del orden de $10^{-2}$ %	0,566	0,219	0,033	Trazas	—	99,1	
N.º 3 Armadura móvil	Del orden de $10^{-2}$ %	0,374	0,331	0,026	Trazas	—	99,2	
N.º 4 Armadura móvil	Del orden de $10^{-2}$ %	0,33	0,351	0,054	Trazas	—	99,2	
N.º 5 Armadura fija	Del orden de $10^{-2}$ %	0,61	0,034	Falta muestra	Trazas	Trazas	99,3	
N.º 6 Armadura fija	Del orden de $10^{-2}$ %	0,433	0,224	0,0452	Trazas	—	99,2	
N.º 7 Armadura fija	Del orden de $10^{-2}$ %	0,733	0,201	0,0252	Trazas	—	99,0	

Porcentajes referidos a la toma de ensayo, deducido el % de N<sub>2</sub> dada la demostración espectrográfica de que las piezas en examen son "niqueladas".

(1) Por diferencia al 100 %, redondeando en la primera cifra decimal, dado el orden  $10^{-2}$  para el carbono y no habiendo dosado el fósforo por falta de muestra.

*Influencia del carbono*

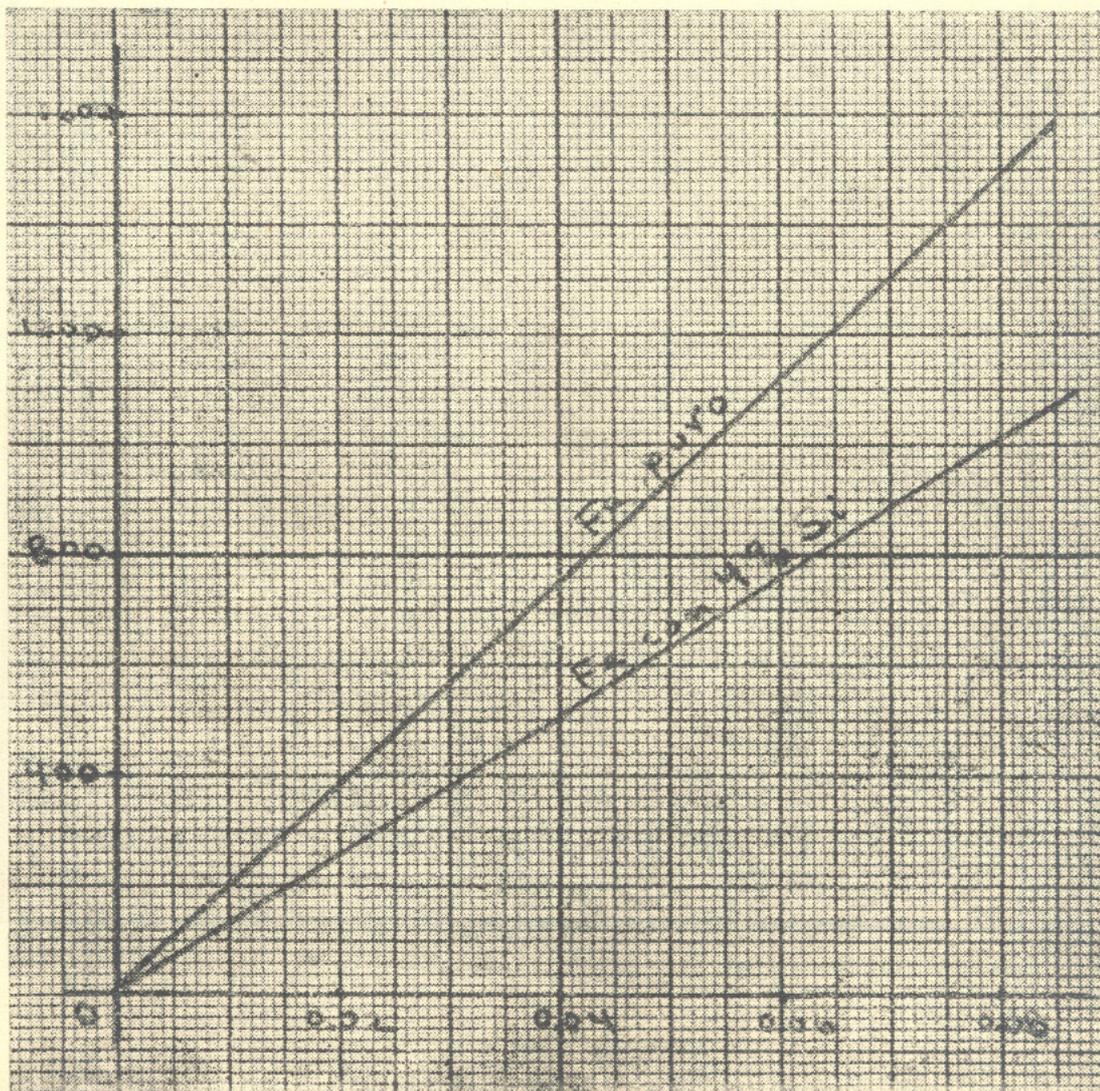
La pérdida por histéresis en el hierro parece ser debida en gran parte a la presencia del carbono y su acción depende del modo de su repartición. Parece que en el Fe exento de C, la pérdida por histéresis es nula. Esta condición es casi completamente reemplazada en el Fe electrolítico fundido al vacío y en las aleaciones de Fe y Si puros. Estas aleaciones, que contienen del 4 al 6 % de Si, tienen propiedades magnéticas preciosas que se atribuyen a la acción del Si, que precipita el C al estado de grafito, forma bajo la cual no hay prácticamente ninguna acción.

Los otros elementos existentes en el Fe hacen igualmente aumentar la pérdida por histéresis.

*Influencia del azufre*

El S es extremadamente nocivo: *su acción es proporcional a su tenor*. El azufre se encuentra al estado de sulfuro de hierro insoluble y aunque su acción es también proporcional a su tenor, ella es también más fuerte cuando el compuesto forma capas continuas en el contorno de los granos cristalinos.

Erg: x c.c. x ciclo

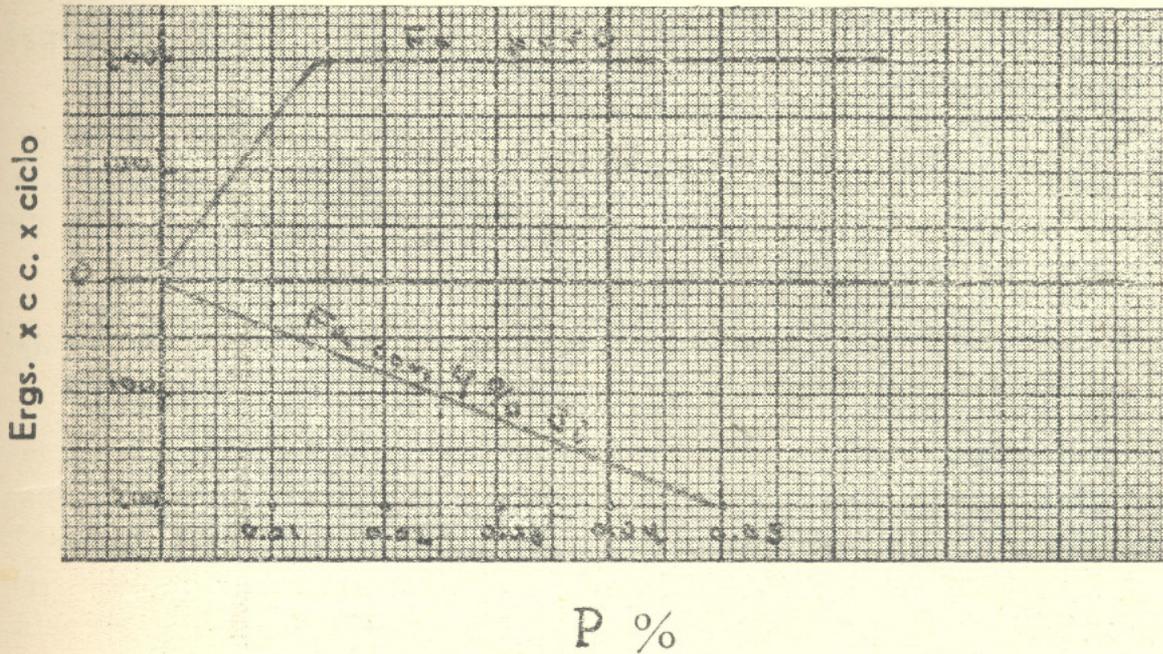


S %

*Influencia del fósforo*

El P tiene una acción menor en el hierro puro. Efectivamente, disminuye la pérdida en las aleaciones de Fe y Si.

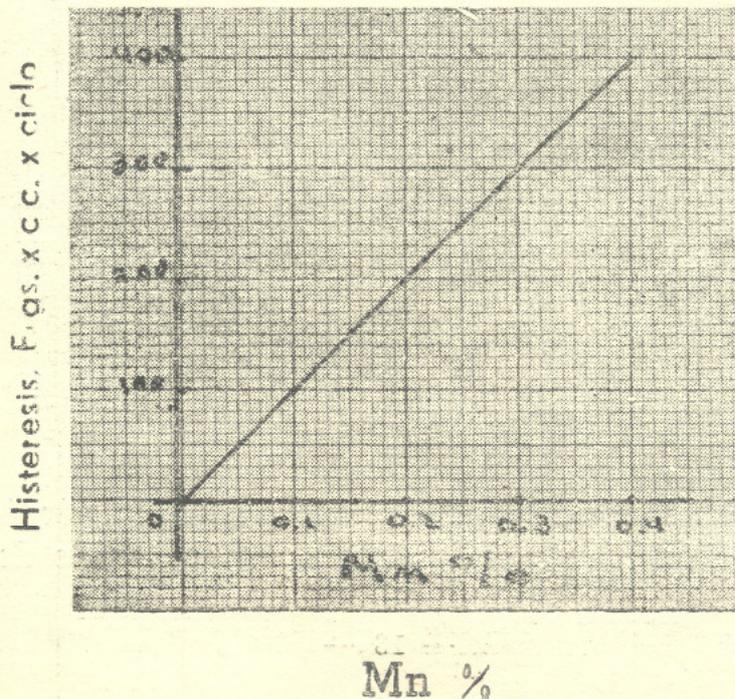
Se encuentra en el Fe al estado de fosfuro de hierro y tiene una acción muy fuerte sobre la resistividad del Fe, teniendo además una solubilidad limitada. En estos casos su acción es análoga a aquélla del C, que tiene igualmente una solubilidad limitada.



*Influencia de otros metales*

El aluminio y el vanadio tienen una acción parecida a la del silicio, haciendo aumentar la resistencia eléctrica.

El cromo, el tungsteno y el *manganeso*, aumentan la fuerza coercitiva y la histéresis, disminuyendo la permeabilidad total, aumentando la resistividad.



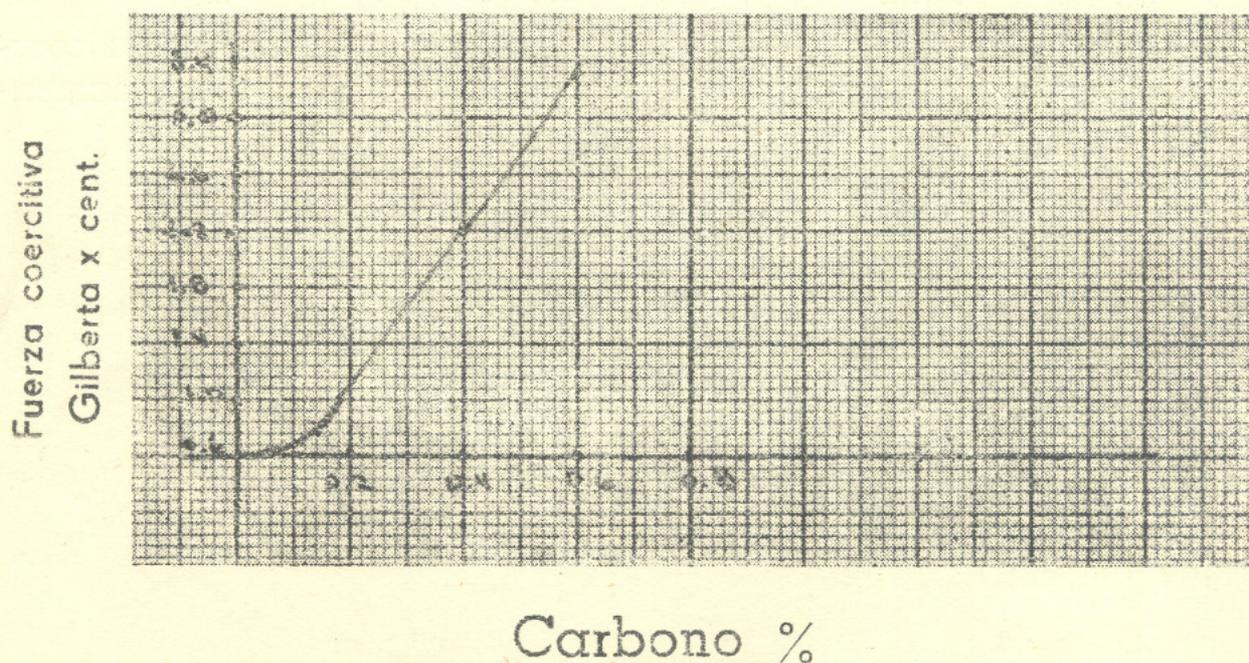
*Influencia de constituyentes no metálicos*

Los constituyentes no metálicos tienen una influencia sobre la conductibilidad eléctrica de los metales y su importancia depende de su repartición. Los compuestos más netamente no metálicos, como los óxidos, sulfuros y silicatos, pueden ser considerados como no conductores por comparación con los metales en los cuales ellos se encuentran. Cuando sus impurezas se encuentran en masas aisladas o en partículas uniformemente repartidas en todo el metal, su acción sobre la conductibilidad del metal es aproximadamente proporcional al volumen que ellos ocupan.

Los óxidos, sulfuros y otras impurezas no metálicas ejercen todos una acción nociva sobre las propiedades magnéticas del Fe, a causa del volumen relativamente grande que ellos ocupan para un débil porcentaje en peso.

2) *Relación entre la microestructura y las propiedades magnéticas del hierro*

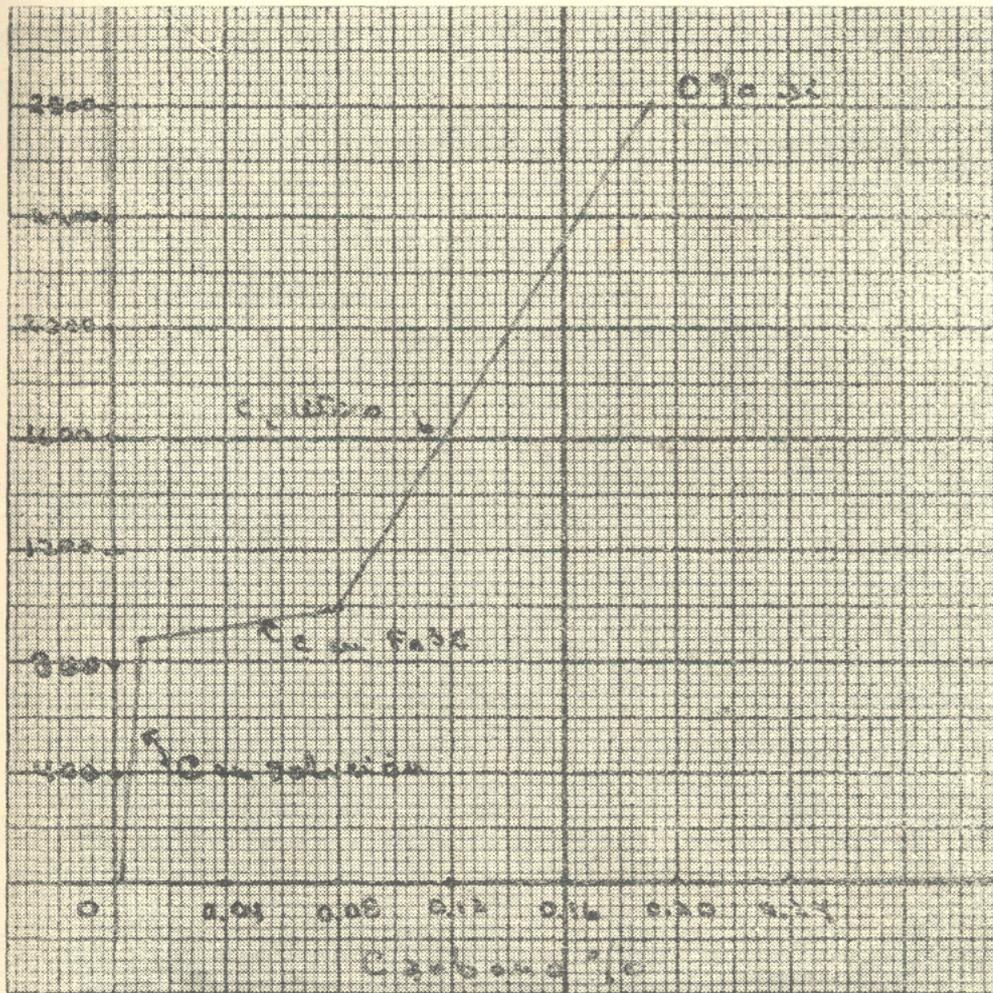
Siendo el *carbono* el principal elemento que influye sobre las propiedades magnéticas del hierro y que variaciones muy pequeñas dan origen a cambios muy importantes en su permeabilidad e histéresis, dió motivo para numerosas investigaciones, observándose que cuanto más bajo es el contenido de carbono, mejora su comportamiento magnético: baja histéresis y fuerza coercitiva y alta permeabilidad máxima.



Desde el punto de vista de la *microestructura* la pérdida por histéresis y la fuerza coercitiva son funciones del contenido de *eutectoide*

*perlita* y las propiedades óptimas se obtienen cuando la *perlita* ha desaparecido y el carbono se encuentra en *solución sólida* en la *ferrita* (Fe alfa). La ferrita sólo puede disolver cantidades menores del 0,01 % a la temperatura ambiente y a pesar de no revelarse al microscopio, aun ejerce bastante influencia, como se observa en la curva de la pérdida por histéresis en función del contenido de carbono.

Ergs. x c.c. x ciclo



Porcentajes tan bajos de carbono, requieren procedimientos especiales de obtención del hierro y la introducción por Hadfield del hierro-silicio, en 1903, hizo posible la industrialización de hierros de excelente comportamiento magnético. El silicio produce la separación del *carbono perlítico* bajo forma *grafítica*, que no ejerce influencia sobre las propiedades magnéticas, restando solamente de 0,006 a 0,008 por ciento de carbono en forma de solución sólida en Fe alfa, límite máximo de decarburación posible.

En los metales y aleaciones ferromagnéticas, además de la variación producida por las impurezas extrañas o intencionalmente agregadas, tienen también importancia el tamaño de los *granos cristalinos*, como consecuencia del tratamiento térmico sufrido. Los cris-

tales de ferrita, deformados por el laminado, recrystalizan nuevamente y aumentan su tamaño por un recocido apropiado y se trata de obtener grandes cristales para mejorar las propiedades magnéticas: mayor permeabilidad y menor pérdida por histéresis.

Para tener una idea de la influencia del grosor de los cristales sobre las propiedades magnéticas del hierro, daremos una de las fórmulas de Yensen para calcular la pérdida por histéresis, en base al ANALISIS QUIMICO y al EXAMEN MICROSCOPICO. Esta fórmula es solamente aplicable al hierro puro y al hierro-silicio obtenidos por procedimientos especiales (Vacuum Iron):

$$W_h = (65 \sqrt{N} + 100000 C + 18000 S + 1000 Mn + 13000 P)$$

Donde:

$W_h$  = pérdida por histéresis, expresada en ergios  $\times$  c. c.  $\times$  ciclo.

$N$  = número de grancs cristalinos por  $m/m.^2$   
siendo los demás símbolos, porcentajes de los elementos químicos respectivos, cuyos límites máximos son, en este caso:

$$C = 0,006 \% \quad S = 0,01 \% \quad Mn = 0,06 \% \quad P = 0,015 \%$$

$$Si = 0 \text{ a } 2 \%$$

El agregado de silicio tiene la doble ventaja de favorecer el desarrollo de los cristales, pero un aumento excesivo del tamaño tiene también sus inconvenientes, como fué demostrado por Ruder, cuando el grosor de los cristales sobrepasa el espesor de la lámina del núcleo.

Un fenómeno interesante nos ofrece el tratamiento mecánico: el distinto comportamiento magnético del hierro con la dirección del laminado. Como expusimos anteriormente, un recocido correcto produce la recrystalización de la ferrita, esto es: devuelve a los cristales deformados y orientados en el sentido del laminado (écrouissage) su forma poliédrica regular. Pero a pesar de esto, la deformación producida por el laminado deja aún huellas imborrables en cuanto a las

propiedades magnéticas. Por observación microscópica, solamente las inclusiones de escorias, alargadas por laminado en caliente, nos pueden revelar dicha orientación si el recocido ha sido bien efectuado.

L. W. Chubb y T. Spooner efectuaron numerosas experiencias con láminas de hierro-silicio y estudiaron su comportamiento magnético paralelo, diagonal y perpendicularmente al sentido del laminado. Como regla general, se puede decir que la permeabilidad es mayor para láminas cortadas paralelamente, le sigue el corte oblicuo a  $45^\circ$  y finalmente el perpendicular. Pero esta regla general presenta variaciones que dependen de varios factores. De cualquier modo, según los citados autores, debe evitarse el empleo de láminas con la inducción perpendicular a la dirección del laminado, pues las propiedades magnéticas en estas condiciones no son buenas.

### CONSIDERACIONES FINALES

1.° *Las armaduras* analizadas revelan ser *aceros al cobre*, obtenidas mediante agregado de Cu, que oscila entre un 0,3 a un 0,8 % en las distintas muestras. El Cu suele agregarse a los aceros de bajo contenido de C, para endurecer la ferrita y preservar de la corrosión atmosférica.

2.° *Los hierros utilizados* en la elaboración de las aleaciones son *hierros extradulces* de muy buena calidad y a no ser por el contenido relativamente alto de Mn (exceptuando la muestra N.° 5) estarían clasificados entre los "comercialmente puros".

3.° Para las distintas muestras se observa, en general, una estructura cristalina de *grano grueso*, resultante de la recristalización (incompleta en algunos de los aceros) a consecuencia del tratamiento térmico.

4.° Como se deduce por el examen espectrográfico, todas las muestras, exceptuando la N.° 5, son niqueladas.

5.° En base a sus características y a las consideraciones efectuadas en "breve reseña", es evidente que los *hierros constituyentes* de las aleaciones analizadas, son de muy buen comportamiento magnético; baja histéresis, por tanto, débil fuerza coercitiva y alta permeabilidad máxima.

En cuanto a las influencias favorables o desfavorables del Cu sobre las propiedades magnéticas —*en las aleaciones*—, no hemos en-

contrado referencias en la bibliografía consultada. Siendo el Cu un elemento amagnético, paracería entonces que su acción fuera más bien desfavorable, pero en este sentido no es posible hacer conjeturas.

**BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

- Am. Inst. of Met. Eng.:* Modern Uses of Non-Ferrous Metals. Mathewson. 1935.  
*De Nardo:* Metalurgia Física. Montesó. 1946.  
*Guillet-Portevin:* Précis de Métallographie Microscopique. Dunod. 1932.  
*Hayward:* Outline of Metallurgical Practice. Van Nostrand. 1929.  
*Oentié:* Les Métaux. Paris. 1919.  
*Scott:* Standard Methods of Chemical Analysis. Van Nostrand. 5.<sup>a</sup> ed.  
*Smithells:* Les Impuretés dans les Métaux. Dunod. 1930.  
*Spooner:* Properties and Testing of Magnetic Materials. Mc Graw - Hill. 1927.  
*Ullmann:* Enciclp. de Química Industrial. Tomos I y VII.  
*Villavecchia:* Química Analítica Aplicada.