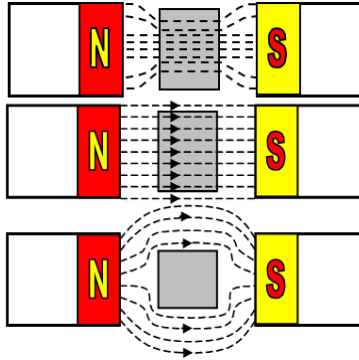


## Materiales Magnéticos de los Núcleos Laminados.

En una máquina eléctrica (Transformador, Motor, Generador) se distinguen distintos materiales electromagnéticos, a saber: Conductores (Cobre, Aluminio), Aislantes (Barniz, Mica, Papel, Poliéster, Aceite), y Magnéticos (Núcleos Laminados). Cada uno cumple una función. Desde el punto de vista de campos magnéticos el comportamiento se muestra en la figura adjunta. El primero es un material *Permeable*, como el de los Núcleos, que concentran las líneas de campo magnético y las direccionan. La segunda es de un material *Paramagnético*, que no afecta el campo, como el caso de los Aislantes. Y por último los *Diamagnéticos*, que los deforman, como el Cobre, pero su efecto es despreciable por los altos campos que participan. Hoy nos concentraremos en los *Núcleos Laminados*, construidos con aceros magnéticos.



### Núcleos Laminados

Como se dijo, los núcleos tienen la función primordial de conducir el Campo, dada su alta *Permeabilidad* (Habilidad de conducir flujo magnético), este valor es del orden de 2000-6000 veces la del aire, por lo que las líneas de campo definitivamente toman el camino de los núcleos. Esto se puede comprobar al acercar una barra de hierro a un motor en operación, se notará que la barra *NO* es atraída, ya que el campo se confina en el interior del motor, muy poco se escapa fuera.

Pérdidas en Núcleos: Las *pérdidas* en los núcleos es potencia eléctrica transformada en forma de calor dentro de las láminas, cuando estos son sujetos a fuerzas de magnetización alternas. Esto es una consecuencia de la producción de flujo magnético en su interior, lo cual es inevitable. Las pérdidas magnéticas son varias: Por *histéresis*; por corrientes de *eddy* (O de Torbellino); e *inter laminares* por contacto con las láminas adjuntas. Estas pérdidas se expresan en *W/lb* para un espesor dado, probado a una condición de campo magnético específico. Los valores típicos en motores eficiencia estándar: 3 W/lb, pero en los de eficiencia superior son de 1.5W/lb, esto implica un costo mayor.

Clasificación general: Las láminas de los núcleos magnéticos se clasifican de manera general en:

- *De Grano No-Orientado:* Los cristales internos se orientan de manera aleatoria, usadas en Máquinas Rotativas.
- *De Grano Orientado:* El resultado del campo interno está relacionado con su dirección, usadas en Transformadores, Relés y otros elementos estáticos.
- *Totalmente Procesadas:* Láminas listas para su uso, no necesitan otro proceso para cambiar propiedades magnéticas.
- *Semi Procesadas:* Las fábricas de máquinas eléctricas las someten a procesos adicionales, como Tratamientos Térmicos para mejorar propiedades magnéticas y físicas.

La Asociación Americana del Hierro y Acero (AISI por sus siglas en inglés), define un número de tipos, por medio de una designación para Aceros Magnéticos contaminados con Silicio, la tabla siguiente se muestra una parte:

Láminas Acero al Silicio	Clasificación AISI
No Orientadas	M-15, M19, M-22, M27, M-36, M-43, M-45, M-47
Orientadas	M-2, M-3, M-4, M-6

El contenido de Silicio es clave para minimizar las corrientes de eddy,

ya que al contaminar con este componente se aumenta la resistencia interna. Para motores de eficiencia superior los niveles de silicio rondan el 2-4%. El otro componente es el Carbono, que más bien su presencia baja la resistencia y tiende a aumentar las corrientes de eddy, es por esto que las fábricas desarrollan procesos de tratamientos térmicos en los núcleos laminados para bajar su contenido, niveles óptimos alcanzan el 0.003% de contenido interno.

Clasificación por tipo de aislamiento inter laminar: Las ya mencionadas corrientes de eddy son inevitables, pero se pueden reducir, como ya se explicó: Contaminando con Silicio y bajando el contenido de Carbono. El último paso para formar un núcleo es laminarlo en delgadas secciones, de manera que la resistencia aumente, al reducirse el espesor de la laminación. Son pocos los espesores usados, algunos son: No 24 (0.64mm), No 26 (0.47mm), No 29 (0.35mm). Estas láminas se separan con un aislante para confinar las corrientes de eddy, según el tipo surge la última clasificación:

Designación de Núcleo ASTM	Descripción según el tipo de aislamiento inter laminar	Aplicaciones Típicas
C-0	Superficie aislante a base de óxido natural, que se produce en la fabricación, es delgada pero efectiva. Para Laminaciones No Orientadas.	Motores fraccionados pequeños. Relés, bobinas y transformadores pequeños.
C-2	Aislamiento inorgánico parecido a cristales de vidrio formados en el proceso de fabricación. Para Laminaciones Orientadas.	Núcleos de bobina, dispositivos de alta frecuencia, transformadores, reactores.
C-3	Esmalte o capa de barniz especial para núcleos inmersos en aceite o enfriados por aire. Para Laminaciones No Procesadas, No Orientadas.	Transformadores Distribución y Motores de Eficiencia Superior.
C-4	Aislamientos químicos a base de fosfatos para núcleos inmersos en aceite o enfriados por aire. Para Laminaciones Procesadas, No Orientadas.	Transformadores Distribución y Motores de Eficiencia Superior.
C-5	Aislante inorgánico similar al C-4, pero adicionado con selladores cerámicos para mejorar la resistencia inter laminar.	Para aplicaciones de alto voltaje y Eficiencia Premium.

