

motor tico

Diseño y Categoría en Motores Eléctricos

Los motores eléctricos se clasifican según su curva *Par (Torque) - Velocidad*, que relaciona su capacidad de producir torque en el eje, con la velocidad. La **Categoría** y **Diseño** establecen los valores mínimos normalizados, de acuerdo a las características del par y corriente, con relación a la velocidad desde el arranque, para los motores trifásicos de inducción con rotor de jaula de ardilla.

Curva Característica Par - Velocidad

En la Figura 1 aparece una curva característica típica de un motor de propósito general, donde el eje Y presenta el torque o par como porcentaje del para nominal (o de Plena Carga), en función de la velocidad del motor en el eje X. Esta curva explica el comportamiento del motor desde el arranque hasta la operación normal, y en condiciones de sobrecarga. Las consideraciones son las siguientes:

1. **Arranque del motor:** Se presenta el Torque de Arranque, disponible para sacar la carga del reposo. En este momento el voltaje trifásico produce el campo magnético rotatorio que gira a la velocidad sincrónica. Por estar en reposo, la frecuencia inducida en el rotor es cercana a la del voltaje de entrada (50 ó 60Hz), por lo que predomina la Reactancia Inductiva, lo que produce que la corriente del rotor se retrase al voltaje inducido, esta corriente también está desfasado del campo magnético, oponiéndose al del estator. Este efecto desmagnetizante produce un torque de arranque moderado (Nótese en la Figura 1 que es algo mayor al 200% del torque nominal).
2. **Par mínimo:** Conforme el motor acelera, se presenta el Torque Mínimo, que es el más bajo de la curva. El punto más bajo puede darse entre **25-40%** de la velocidad

nominal. El torque mínimo se presenta por armónicas magnéticas concentradas en las ranuras. Los fabricantes han empezado a controlarlas, por lo que motores modernos casi no presentan torque mínimo.

3. **Par máximo:** A medida que el motor acelera, la frecuencia en el rotor sigue bajando, y la reactancia inductiva se reduce. El flujo magnético del rotor se pone más en fase con el del estator. El punto mayor alineamiento se da cuando la *Reactancia Inductiva = Resistencia del Rotor*, lo que se presenta aproximadamente al **80%** de la velocidad nominal. Más allá de esta velocidad la reactancia inductiva continúa bajando, y no se presenta más un par máximo.
4. **Par nominal o de plena carga:** Es el par de diseño del motor, a voltaje y frecuencia nominal. Alrededor de este punto, la frecuencia en el rotor oscila entre 1-3Hz, es casi corriente continua. La reactancia inductiva en el rotor es casi cero, y la corriente en el rotor se distribuye esencialmente por las barras, y no por las laminaciones que tienen alta resistencia. El par y la corriente se hacen directamente proporcionales, es decir: *100% de la corriente del motor produce 100% del torque*.
5. **Sobrecarga:** En caso que el motor se sobrecargue mecánicamente, la velocidad disminuye, lo que produce mayor inducción en las barras del rotor, lo que aumenta la corriente en las barras, y se entrega más torque en el eje. En el estator se refleja esta corriente. Si se sigue cargando más y más el motor, seguirá disminuyendo la velocidad, y la corriente aumentará, llegando a niveles peligrosos. Por este motivo, los motores de inducción deben proveerse de Protecciones de Sobrecarga.

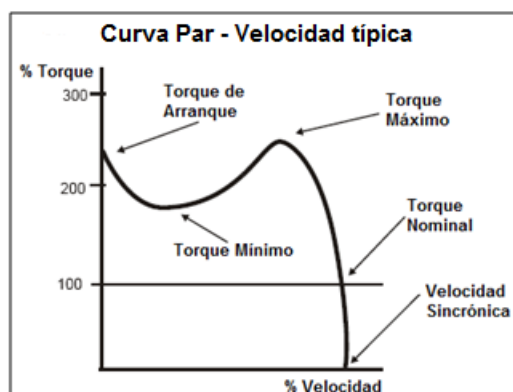


Figura 1 Curva Par - Velocidad típica

Diseño en motores NEMA

Para el mercado de América del Norte la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA por sus siglas en inglés) establece el Diseño del motor según su curva característica Par-Velocidad, en el estándar MG-1. Se definen 4 diseños, estos son: A, B, C y D, la Figura 2 presenta la comparación entre estos. Los 3 más usados se explican a continuación.

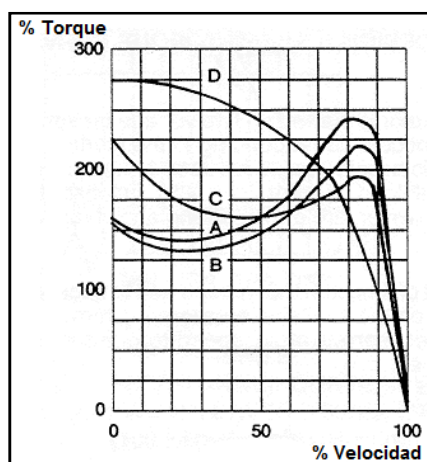


Figura 2 Diseños motores NEMA

- **Diseño NEMA B:** Corresponde a aquellos motores cuya corriente y pares de arranque son normales. Corriente de arranque normal se considera aquella cuyo valor se encuentra entre 5 y 6 veces la corriente de plena carga de un motor, y las cifras de los pares de arranque están tabuladas por la norma NEMA. Además, el deslizamiento de estos motores a plena carga debe ser de 1 a 5%. Estos motores se conocen como motor de propósito general.
- **Diseño NEMA C:** Se refiere a aquellos motores que teniendo una corriente normal de arranque, desarrolla pares de arranque superiores a los que desarrolla un motor de diseño "B".

Las características de este diseño hacen fácil de definir y comprender su campo de aplicación, ya que se refiere a todos aquellos casos en que por la naturaleza de la carga se requiere un par elevado, para vencer la inercia y una vez iniciado el movimiento, el comportamiento que se le

solicita al motor es idéntico al del Diseño NEMA "B". El deslizamiento de estos motores a plena carga debe ser de 2 a 5%. Para alcanzar este comportamiento los fabricantes diseñan los rotores con Doble Jaula de Ardilla, donde la jaula externa opera en el arranque, y la interna en operación normal.

- **Diseño NEMA D:** Se refiere a motores que desarrollan un par de arranque mayor a 275% del par a plena carga, con una corriente de arranque normal y con un deslizamiento que permite hacer 3 grupos distintos: el primero con un deslizamiento de 5 a 8%, el segundo requiere de un deslizamiento de 8 a 13% y el tercero de 13 a 18%, según la aplicación. Su alto deslizamiento en operación normal los hace menos eficientes.

Categoría en motores IEC

Para el mercado Internacional, el Comité Electrotécnico Internacional (IEC por sus siglas en inglés), establece 3 Categorías de motores, en su estándar IEC 34, estos son:

- **Categoría N:** Par de arranque normal, corriente en el arranque normal, bajo deslizamiento. Aplicación: Cargas normales como bombas, ventiladores, máquinas.
- **Categoría H:** Par de arranque alto, corriente de arranque normal, bajo deslizamiento. Aplicación: cargas que exigen mayor par de arranque (molinos, cargadores, etc.)
- **Categoría D:** Par de arranque alto, corriente de arranque normal, alto deslizamiento (más 5%). Aplicación: Prensas excéntricas y máquinas similares, donde la carga presenta alta demanda periodica. También son usados en elevadores y en cargas que necesitan un par de arranque muy alto y corriente de arranque limitada

La Figura 3 presenta la comparación de las categorías IEC.

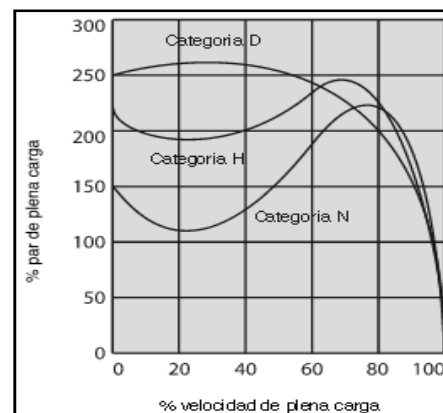


Figura 3 Categorías de motores IEC

Las equivalencias entre normativa son las siguientes:

- Diseño B = Categoría N.
- Diseño C = Categoría H.
- Diseño D = Categoría D.