

**NORMA Oficial Mexicana NOM-016-ENER-2010, Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Energía.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-016-ENER-2010, EFICIENCIA ENERGETICA DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA, TRIFASICOS, DE INDUCCION, TIPO JAULA DE ARDILLA, EN POTENCIA NOMINAL DE 0,746 A 373 kW. LIMITES, METODO DE PRUEBA Y MARCADO.

EMILIANO PEDRAZA HINOJOSA, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE) y Director General de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, con fundamento en los artículos 33 fracción X de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1, 6, 7 fracción VII, 10, 11 fracciones IV y V y quinto transitorio de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía; 38 fracción II, 40 fracciones I, X y XII y 43 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 3 fracción VI inciso c), 33, 34 fracciones XVII, XIX, XXII, XXIII, XXIV y XXV y 40 del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía; expide la siguiente:

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-016-ENER-2010, EFICIENCIA ENERGETICA DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA, TRIFASICOS, DE INDUCCION, TIPO JAULA DE ARDILLA, EN POTENCIA NOMINAL DE 0,746 A 373 kW. LIMITES, METODO DE PRUEBA Y MARCADO**

**CONSIDERANDO**

Que la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, define las facultades de la Secretaría de Energía, entre las que se encuentra la de expedir normas oficiales mexicanas que promueven la eficiencia del sector energético;

Que la Ley Federal sobre Metrología y Normalización señala como una de las finalidades de las normas oficiales mexicanas el establecimiento de criterios y/o especificaciones que promuevan el mejoramiento del medio ambiente, la preservación de los recursos naturales y salvaguardar la seguridad al usuario;

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de proyectos de normas oficiales mexicanas, el Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos, ordenó la publicación del Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-016-ENER-2009, Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado. Lo que se realizó en el Diario Oficial de la Federación el 3 de marzo de 2010, con el objeto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo que lo propuso;

Que durante el plazo de 60 días naturales contados a partir de la fecha de publicación de dicho proyecto de norma oficial mexicana, la Manifestación de Impacto Regulatorio a que se refiere el artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización estuvo a disposición del público en general para su consulta; y que dentro del mismo plazo, los interesados presentaron comentarios sobre el contenido del citado proyecto de norma oficial mexicana, mismos que fueron analizados por el Comité, realizándose las modificaciones conducentes al proyecto de NOM. Las respuestas a los comentarios fueron publicados en el Diario Oficial de la Federación el 26 de julio de 2010.

Que la Ley Federal sobre Metrología y Normalización establece que las normas oficiales mexicanas se constituyen como el instrumento idóneo para la prosecución de estos objetivos, se expide la siguiente norma oficial mexicana: NOM-016-ENER-2010, Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 6 de octubre de 2010.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE) y Director General de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, **Emiliano Pedraza Hinojosa**.- Rúbrica.

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-016-ENER-2010, EFICIENCIA ENERGETICA DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA, TRIFASICOS, DE INDUCCION, TIPO JAULA DE ARDILLA, EN POTENCIA NOMINAL DE 0,746 A 373 kW. LIMITES, METODO DE PRUEBA Y MARCADO**

**PREFACIO**

La presente norma fue elaborada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos, con la colaboración de los siguientes organismos, instituciones y empresas:

- Asesoría y Pruebas a Equipo Eléctrico y Electrónico, S.A. de C.V.
- Asociación de Normalización y Certificación, A.C.
- Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas
- Comisión Federal de Electricidad
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
- Instituto de Investigaciones Eléctricas
- Motores US de México, S.A. de C.V.
- Siemens, S.A. de C.V.
- Weg México, S.A. de C.V.

## **CONTENIDO**

1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones
  - 4.1 Dinamómetro
  - 4.2 Eficiencia
  - 4.3 Eficiencia mínima asociada
  - 4.4 Eficiencia nominal
  - 4.5 Equilibrio térmico a carga plena
  - 4.6 Factor de Corrección del Dinamómetro (FCD)
  - 4.7 Motor abierto
  - 4.8 Motor cerrado
  - 4.9 Motor de eficiencia normalizada
  - 4.10 Motor de inducción
  - 4.11 Motor eléctrico
  - 4.12 Motor trifásico
  - 4.13 Motor tipo jaula de ardilla
  - 4.14 Pérdidas en el núcleo
  - 4.15 Pérdidas indeterminadas
  - 4.16 Pérdidas por efecto Joule
  - 4.17 Pérdidas por fricción y ventilación
  - 4.18 Pérdidas totales
  - 4.19 Potencia de entrada
  - 4.20 Potencia de salida
  - 4.21 Potencia nominal
  - 4.22 Régimen continuo
  - 4.23 Régimen nominal
  - 4.24 Resistencia entre terminales del motor
  - 4.25 Torsiómetro
5. Clasificación
6. Especificaciones
  - 6.1 Eficiencia del motor

- 6.2 Eficiencia mínima asociada
- 6.3 Determinación de la eficiencia
- 7. Muestreo
- 8. Criterios de aceptación
  - 8.1 Placa de datos
  - 8.2 Resultados de las pruebas
- 9. Método de prueba
  - 9.1 Condiciones de prueba
  - 9.2 Instrumentos de medición y equipo de prueba
  - 9.3 Procedimiento de prueba
  - 9.4 Segregación de pérdidas
  - 9.5 Corrección por temperatura para las pérdidas por efecto Joule
  - 9.6 Cálculo de la potencia de salida a 25°C
  - 9.7 Cálculo de la eficiencia
  - 9.8 Eficiencia en cualquier valor de carga
- 10. Marcado
- 11. Vigilancia
- 12. Evaluación de la conformidad
- 13. Bibliografía
- 14. Concordancia con normas internacionales
- 15. Transitorios

**Apéndice A** (normativo) Análisis de regresión lineal

**Apéndice B** (normativo) Cálculo del factor de corrección del dinamómetro (FCD)

**Apéndice C** (normativo) Nomenclatura

**Apéndice D** (informativo) Identificación de motores abiertos o cerrados

**Apéndice E** (informativo) Equivalencia de potencia

## 1. Objetivo

La presente norma oficial mexicana establece los valores de eficiencia nominal y mínima asociada, el método de prueba para su evaluación, los criterios de aceptación y las especificaciones de información mínima a marcar en la placa de datos de los motores eléctricos de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 kW hasta 373 kW, abiertos y cerrados; que se comercializan en los Estados Unidos Mexicanos. Esto ha sido como resultado de los avances tecnológicos y las condiciones del mercado nacional e internacional.

Esta norma oficial mexicana permitirá, además de responder a las necesidades de promover el ahorro de energía, contribuir a la preservación de recursos naturales no renovables de la nación.

## 2. Campo de aplicación

Esta norma oficial mexicana aplica a motores eléctricos de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 kW hasta 373 kW, con tensión eléctrica nominal de hasta 600 V, abiertos o cerrados, de una sola frecuencia de rotación, de posición de montaje horizontal o vertical y régimen continuo.

## 3. Referencias

Para la correcta aplicación de esta norma oficial mexicana deben de consultarse y aplicarse las siguientes normas oficiales mexicanas:

- NOM-008-SCFI, Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.
- NOM-106-SCFI-2000, Características de diseño y condiciones de uso de la contraseña oficial, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de febrero de 2001.

#### **4. Definiciones**

Para efectos de esta norma oficial mexicana se establecen las definiciones siguientes:

##### **4.1 Dinamómetro**

Aparato para aplicar carga mecánica a un motor en forma continua y controlada, y que puede incluir dispositivos para medir el par torsional y la frecuencia de rotación, desarrollados por dicho motor.

##### **4.2 Eficiencia**

La eficiencia se define como la razón entre la potencia de salida y la potencia de entrada del motor. Se expresa en por ciento y se calcula con alguna de las siguientes relaciones:

- (a)  $[\text{Potencia de salida} / \text{potencia de entrada}] \times 100$ ,
- (b)  $[(\text{Potencia de entrada} - \text{pérdidas}) / \text{potencia de entrada}] \times 100$ ,
- (c)  $[\text{Potencia de salida} / (\text{potencia de salida} + \text{pérdidas})] \times 100$ .

##### **4.3 Eficiencia mínima asociada**

Cada eficiencia nominal tiene una eficiencia mínima asociada especificada en la columna B de la Tabla 1.

##### **4.4 Eficiencia nominal**

Es el valor de la eficiencia marcada en la placa de datos del motor, seleccionado de la columna A de la Tabla 1 por el fabricante. Este valor no debe ser mayor que la eficiencia promedio de una población grande de motores del mismo diseño, determinada de acuerdo con el método descrito en el punto 9 de esta norma oficial mexicana.

##### **4.5 Equilibrio térmico a carga plena**

Es el estado que se alcanza cuando el incremento de temperatura del motor eléctrico, trabajando a carga plena, no varía más de 1°C en un lapso de 30 min.

##### **4.6 Factor de Corrección del Dinamómetro (FCD)**

Es el par torsional necesario para vencer la oposición que presenta el dinamómetro al movimiento mecánico, en su condición de carga mínima. Su determinación es importante cuando el dinamómetro está situado entre el motor a probar y el transductor usado para medir el par.

##### **4.7 Motor abierto**

Es un motor que tiene aberturas para ventilación que permiten el paso del aire exterior de enfriamiento, sobre y a través del embobinado del motor.

##### **4.8 Motor cerrado**

Es un motor cuya armazón impide el intercambio libre de aire entre el interior y el exterior de éste, sin llegar a ser hermético. Dentro de esta clasificación se incluyen los motores a prueba de explosión.

##### **4.9 Motor de eficiencia normalizada**

Es aquel que tiene una eficiencia nominal igual o mayor que la indicada en la Tabla 2, según su tipo de enclaustramiento y número de polos.

##### **4.10 Motor de inducción**

Es un motor eléctrico en el cual solamente una parte, el rotor o el estator, se conecta a la fuente de energía y la otra trabaja por inducción electromagnética.

##### **4.11 Motor eléctrico**

Es una máquina rotatoria para convertir energía eléctrica en mecánica.

##### **4.12 Motor trifásico**

Es un motor que utiliza para su operación energía eléctrica de corriente alterna trifásica.

##### **4.13 Motor tipo jaula de ardilla**

Es un motor de inducción, en el cual los conductores del rotor son barras colocadas en las ranuras del núcleo secundario, que se conectan en circuito corto por medio de anillos en sus extremos semejando una jaula de ardilla.

#### **4.14 Pérdidas en el núcleo**

Son las debidas a las alternaciones del campo magnético en el material activo del estator y rotor por efectos de histéresis y corrientes parásitas.

#### **4.15 Pérdidas indeterminadas**

Son la porción de las pérdidas que no se incluyen en la suma de las pérdidas por efecto Joule en el estator y en el rotor, las pérdidas en el núcleo, y las pérdidas por fricción y ventilación.

#### **4.16 Pérdidas por efecto Joule**

Son las debidas a la circulación de corriente eléctrica por los conductores del estator y rotor y se manifiestan en forma de calor.

#### **4.17 Pérdidas por fricción y ventilación**

Son las debidas a la oposición que presentan los dispositivos tales como ventiladores y rodamientos al movimiento mecánico.

#### **4.18 Pérdidas totales**

Son la diferencia de la potencia de entrada y la potencia de salida del motor.

#### **4.19 Potencia de entrada**

Es la potencia eléctrica que el motor toma de la línea.

#### **4.20 Potencia de salida**

Es la potencia mecánica disponible en el eje del motor.

#### **4.21 Potencia nominal**

Es la potencia mecánica de salida indicada en la placa de datos del motor.

#### **4.22 Régimen continuo**

Es el régimen nominal con el cual debe cumplir un motor en funcionamiento continuo.

#### **4.23 Régimen nominal**

Es la condición de operación a la tensión y frecuencia eléctricas nominales, medidas en las terminales, en la que el motor desarrolla los parámetros indicados en su placa de datos.

#### **4.24 Resistencia entre terminales del motor**

Es la resistencia medida entre dos terminales en la caja de conexiones del motor.

#### **4.25 Torsiómetro**

Aparato acoplado entre los ejes del motor y del dinamómetro, que trasmite y mide el par torsional. Algunos tipos, miden además la frecuencia de rotación y permiten determinar la potencia mecánica desarrollada por el motor.

### **5. Clasificación**

Los motores sujetos a esta norma oficial mexicana se clasifican por su tipo de enclaustramiento:

- a) Motor abierto
- b) Motor cerrado

### **6. Especificaciones**

#### **6.1 Eficiencia del motor**

Cualquier motor debe tener indicada en su placa de datos una eficiencia nominal igual o mayor a la especificada en la Tabla 2.

#### **6.2 Eficiencia mínima asociada**

Cualquier motor debe tener una eficiencia mayor o igual a la eficiencia mínima asociada a la eficiencia nominal que muestre en su placa de datos de acuerdo con la Tabla 1.

#### **6.3 Determinación de la eficiencia**

Para determinar la eficiencia energética de motores de inducción trifásicos en potencia nominal de 0,746 a 373 kW, se precisa como prueba única el método descrito en el capítulo 9 de la presente norma oficial mexicana.

## 7. Muestreo

De acuerdo con el artículo 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría de Energía, a través de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, establecerá el procedimiento para la evaluación de la conformidad de los motores con las especificaciones de esta norma oficial mexicana.

**Tabla 1.- Eficiencia nominal y mínima asociada, en por ciento**

<b>Columna A Eficiencia Nominal</b>	<b>Columna B Eficiencia Mínima</b>	<b>Columna A Eficiencia Nominal</b>	<b>Columna B Eficiencia Mínima</b>
99,0	98,8	94,1	93,0
98,9	98,7	93,6	92,4
98,8	98,6	93,0	91,7
98,7	98,5	92,4	91,0
98,6	98,4	91,7	90,2
98,5	98,2	91,0	89,5
98,4	98,0	90,2	88,5
98,2	97,8	89,5	87,5
98,0	97,6	88,5	86,5
97,8	97,4	87,5	85,5
97,6	97,1	86,5	84,0
97,4	96,8	85,5	82,5
97,1	96,5	84,0	81,5
96,8	96,2	82,5	80,0
96,5	95,8	81,5	78,5
96,2	95,4	80,0	77,0
95,8	95,0	78,5	75,5
95,4	94,5	77,0	74,0
95,0	94,1	75,5	72,0
94,5	93,6	74,0	70,0
		72,0	68,0

### Notas de la Tabla 1

1.- Los valores de la eficiencia nominal de la Columna A se obtienen a partir del 99,0%, con incrementos de pérdidas del 10%.

2.- Los valores de eficiencia mínima asociada de la Columna B, se obtienen incrementando las pérdidas en un 20%.

## 8. Criterios de aceptación

### 8.1 Placa de datos

La eficiencia nominal marcada por el fabricante en la placa de datos del motor, debe ser igual o mayor que la eficiencia de la Tabla 2 de esta norma oficial mexicana, de acuerdo con su potencia nominal en kW, número de polos y tipo de enclaustramiento.

### 8.2 Resultados de las pruebas

La eficiencia determinada con el método de prueba del capítulo 9, para cada motor probado, debe ser igual o mayor que la eficiencia mínima asociada a la eficiencia nominal marcada en la placa de datos por el fabricante.

**Tabla 2.- Valores de eficiencia nominal a plena carga para motores verticales y horizontales, en por ciento**

Potencia Nominal, kW	Potencia Nominal cp	MOTORES CERRADOS				MOTORES ABIERTOS			
		2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos	2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos
0,746	1	77,0	85,5	82,5	74,0	77,0	85,5	82,5	74,0
1,119	1,5	84,0	86,5	87,5	77,0	84,0	86,5	86,5	75,5
1,492	2	85,5	86,5	88,5	82,5	85,5	86,5	87,5	85,5
2,238	3	86,5	89,5	89,5	84,0	85,5	89,5	88,5	86,5
3,730	5	88,5	89,5	89,5	85,5	86,5	89,5	89,5	87,5
5,595	7,5	89,5	91,7	91,0	85,5	88,5	91,0	90,2	88,5
7,460	10	90,2	91,7	91,0	88,5	89,5	91,7	91,7	89,5
11,19	15	91,0	92,4	91,7	88,5	90,2	93,0	91,7	89,5
14,92	20	91,0	93,0	91,7	89,5	91,0	93,0	92,4	90,2
18,65	25	91,7	93,6	93,0	89,5	91,7	93,6	93,0	90,2
22,38	30	91,7	93,6	93,0	91,0	91,7	94,1	93,6	91,0
29,84	40	92,4	94,1	94,1	91,0	92,4	94,1	94,1	91,0
37,30	50	93,0	94,5	94,1	91,7	93,0	94,5	94,1	91,7
44,76	60	93,6	95,0	94,5	91,7	93,6	95,0	94,5	92,4
55,95	75	93,6	95,4	94,5	93,0	93,6	95,0	94,5	93,6
74,60	100	94,1	95,4	95,0	93,0	93,6	95,4	95,0	93,6
93,25	125	95,0	95,4	95,0	93,6	94,1	95,4	95,0	93,6
111,9	150	95,0	95,8	95,8	93,6	94,1	95,8	95,4	93,6
149,2	200	95,4	96,2	95,8	94,1	95,0	95,8	95,4	93,6
186,5	250	95,8	96,2	95,8	94,5	95,0	95,8	95,4	94,5
223,8	300	95,8	96,2	95,8	---	95,4	95,8	95,4	---
261,1	350	95,8	96,2	95,8	---	95,4	95,8	95,4	---
298,4	400	95,8	96,2	---	---	95,8	95,8	---	---
335,7	450	95,8	96,2	---	---	95,8	96,2	---	---
373	500	95,8	96,2	---	---	95,8	96,2	---	---

## 9. Método de prueba

Todos los motores se prueban por el método de las pérdidas segregadas, en este método, a partir de mediciones y cálculos, se determinan las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator y del rotor, las pérdidas del núcleo y las pérdidas por fricción y ventilación; al final, las pérdidas indeterminadas se obtienen por diferencia.

### 9.1 Condiciones de la prueba

Todos los motores se deben de probar en posición horizontal.

La frecuencia eléctrica de alimentación para todas las pruebas debe ser de 60 Hz con una variación de  $\pm 0,3\%$ .

La tensión eléctrica de corriente alterna de alimentación para la prueba, debe ser la tensión eléctrica nominal indicada en la placa de datos del motor, medida en sus terminales, sin exceder una variación de  $\pm 0,5\%$ , con un desbalance máximo permitido de  $\pm 0,5\%$ . El por ciento de desbalance es igual a 100 veces la desviación máxima de la tensión eléctrica de cada fase con respecto a la tensión eléctrica promedio, dividida entre la tensión eléctrica promedio.

La Distorsión Armónica Total (DAT) de la onda de tensión eléctrica no debe ser mayor al 5 %.

La Distorsión Armónica Total (DAT) es un indicador del contenido de armónicas en una onda de tensión eléctrica. Se expresa como un porcentaje de la fundamental y se define como:

$$\text{DAT} = \left( \frac{\sum_{i=2}^n V_i^2}{V_1^2} \right) \cdot 100 \quad [\%]$$

donde:

$V_i$  es la amplitud de cada armónica

$V_1$  es la amplitud de la fundamental

Las magnitudes eléctricas que varíen senoidalmente, deben expresarse en valores eficaces, a menos que se especifique otra cosa.

## 9.2 Instrumentos de medición y equipo de prueba

Los instrumentos de medición deben seleccionarse para que el valor leído esté dentro del intervalo de la escala recomendado por el fabricante del instrumento, o en su defecto en el tercio superior de la escala del mismo.

Los instrumentos analógicos o digitales deben estar calibrados con una incertidumbre máxima de  $\pm 0,2\%$  de plena escala.

Cuando se utilicen transformadores de corriente y de potencial, se deben realizar las correcciones necesarias para considerar los errores de relación y fase en las lecturas de tensión, corriente y potencia eléctricas. Los errores de los transformadores de corriente y potencial no deben ser mayores de  $0,3\%$ .

El dinamómetro debe seleccionarse de forma que a su carga mínima, la potencia de salida demandada al motor no sea mayor del  $15\%$  de la potencia nominal del mismo.

La instrumentación para medir el par torsional debe tener una incertidumbre máxima de  $\pm 0,2\%$  de plena escala.

La instrumentación para medir la frecuencia eléctrica de alimentación debe tener una incertidumbre máxima de  $\pm 0,1\%$  de plena escala.

La instrumentación para medir la frecuencia de rotación debe tener una incertidumbre máxima de  $\pm 1 \text{ min}^{-1}$  de la lectura.

La instrumentación para medir la temperatura debe tener una incertidumbre máxima de  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

Para evitar la influencia por el acoplamiento y desacoplamiento del motor con el dinamómetro durante el desarrollo de las pruebas de equilibrio térmico, funcionamiento, y carga mínima posible en el dinamómetro, éstas deben realizarse sin desacoplar el motor entre ellas.

Los instrumentos de medición, equipos y aparatos para aplicar este método de prueba son los siguientes:

- a) aparato para medir la temperatura detectada por los detectores de temperatura por resistencia o termopares;
- b) óhmetro a cuatro terminales, para medir resistencias bajas;
- c) equipo para controlar la tensión de alimentación;
- d) frecuencímetro;



- e) vóltmetros;
- f) ampérmetros;
- g) wáttmetro trifásico;
- h) dinamómetro;
- i) torsiómetro o aparato para medir par torsional;
- j) tacómetro, y
- k) cronómetro.

### 9.3 Procedimiento de prueba

Las pruebas que conforman este método deben ser desarrolladas en la secuencia indicada. No es necesario que cada paso sea llevado a cabo inmediatamente después del otro, sin embargo, cuando cada paso se ejecuta en forma individual e independiente, entonces las condiciones térmicas especificadas para el mismo deben ser reestablecidas previamente a la ejecución de la prueba.

Antes de comenzar las pruebas se debe instalar un termopar en el motor. Cuando se utilice más de un termopar, la temperatura para los cálculos debe ser el valor promedio.

Cuando todos los termopares se localicen en los cabezales del devanado o cuando la temperatura del termopar más caliente sea localizado en el núcleo del estator o en el cuerpo del motor, se debe aplicar el siguiente criterio, de preferencia en el siguiente orden que se establece:

- a) Entre o sobre los cabezales del devanado, procurando que queden fuera de las trayectorias del aire de enfriamiento del motor.

En los casos en que es inaceptable abrir el motor o no es posible la colocación de termopares en los cabezales del devanado, los termopares pueden ser instalados en:

- b) el núcleo del estator (ejemplo; a través de la caja de conexiones del motor); o
- c) en el cuerpo del motor.

**Nota:** Cuando se utilizan termopares externos ya sea en el núcleo del estator o en el cuerpo del motor, debe asegurarse que los termopares estén posicionados tan cerca como sea posible al estator devanado, con un buen contacto térmico. Cuidado especial debe tomarse para que el termopar quede aislado y sellado del medio ambiente de enfriamiento.

#### 9.3.1 Parámetros iniciales

Se miden las resistencias entre terminales de los devanados del estator y la temperatura correspondiente.

Se registran los siguientes parámetros:

- 1) Las resistencias entre terminales de los devanados del estator, en  $\Omega$ ;
- 2) La temperatura o el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, en el núcleo del estator o en el cuerpo  $t_i$ , en  $^{\circ}\text{C}$ , y
- 3) La temperatura ambiente  $t_{ai}$ , en  $^{\circ}\text{C}$ .

Se designa como resistencia de referencia  $R_i$ , a aquélla con el valor más cercano al promedio de las tres registradas. Por ejemplo, cuando:

$$R_{1-2} = 4,8 \Omega \quad R_{1-3} = 5,0 \Omega \quad R_{2-3} = 5,2 \Omega$$

El valor de la resistencia de referencia es  $R_i = 5.0 \Omega$

#### 9.3.2 Prueba para alcanzar el equilibrio térmico

Mediante esta prueba se determinan la resistencia y temperatura de los devanados del motor operando a carga plena.

Se hace funcionar el motor a su régimen nominal hasta alcanzar el equilibrio térmico definido en el inciso 4.5 en todos los detectores de temperatura. Se desenergiza y se desconectan las terminales de línea del motor, se mide y registra la resistencia entre las terminales de la resistencia de referencia determinada en el inciso 9.3.1 en el tiempo especificado en la Tabla 3.

**Tabla 3.- Tiempo al cual se debe realizar la medición de la resistencia de referencia de los devanados del estator**

Potencia Nominal, en kW	Tiempo [s]
37,5 o menor	30
Mayor de 37,5 a 150	90
mayor de 150	120

Cuando se excede el tiempo establecido en la Tabla 3, se traza una curva de enfriamiento basada en la resistencia entre el par de terminales de referencia, utilizando por lo menos 10 valores espaciados a intervalos de 30 s, para determinar la resistencia al tiempo de retardo especificado en la Tabla 3.

Cuando los tiempos especificados en la tabla 3 se exceden en más del doble para el registro de la primera lectura, se anula y se repite la prueba.

Se miden y registran:

- 1) La resistencia entre las terminales de referencia,  $R_f$ , en  $\Omega$ ;
- 2) El promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, en el núcleo del estator o en el cuerpo,  $t_f$ , en  $^{\circ}\text{C}$ ;
- 3) La temperatura ambiente,  $t_{af}$ , en  $^{\circ}\text{C}$ , y
- 4) El tiempo al que se midió o determinó la resistencia  $R_f$ , en s.

#### 9.3.2.1 Cálculo del incremento de temperatura por resistencia

Se determina el incremento de temperatura ( $t$ ) después de que el motor ha alcanzado el equilibrio térmico mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta t = t_{fr} - t_{af} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

donde:

$$t_{fr} = \left[ \left( \frac{R_f}{R_i} \right) (t_i + K) \right] - K \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$t_{fr}$  Es la temperatura de los devanados del estator en equilibrio térmico (calculado por resistencia)

$K$  es la constante del material y es igual a 234,5 para el cobre puro. Para otros materiales en los devanados, debe usarse el valor especificado por el fabricante del material.

#### 9.3.3 Prueba de funcionamiento

Al término de la prueba anterior, se hace funcionar el motor a su tensión eléctrica nominal medida en sus terminales, a 60 Hz y potencia nominal. Se aplican en forma descendente dos valores de carga arriba de la potencia nominal, 130 % y 115 %; así como cuatro valores de carga al 100 %, 75 %, 50 % y 25 % de la potencia nominal, con una tolerancia de  $\pm 2$  %.

La temperatura en los devanados del estator, en el núcleo del estator o en el cuerpo del motor, debe estar como máximo 10  $^{\circ}\text{C}$  abajo de la temperatura registrada en la prueba para alcanzar el equilibrio térmico, antes de dar inicio a la prueba de funcionamiento.

Se miden y registran los siguientes parámetros para cada uno de los valores de carga:

- 1) El promedio de las tensiones eléctricas entre terminales, en V;
- 2) Frecuencia eléctrica de alimentación, en Hz;
- 3) El promedio de las corrientes eléctricas de línea,  $I_m$ , en A;
- 4) La potencia de entrada,  $P_e$ , en kW
- 5) El par torsional del motor,  $T_m$ , en  $\text{N}\cdot\text{m}$ ;
- 6) La frecuencia de rotación,  $n_m$ , en  $\text{min}^{-1}$ ;
- 7) El promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, en el núcleo del estator o en el cuerpo, para cada valor de carga,  $t_m$ , en  $^{\circ}\text{C}$ , y
- 8) La temperatura ambiente para cada valor de carga,  $t_{am}$ , en  $^{\circ}\text{C}$ .

**9.3.4 Prueba de carga mínima posible en el dinamómetro**

Se ajusta el dinamómetro a su carga mínima y se opera el motor a su tensión eléctrica nominal, medida en sus terminales y 60 Hz, hasta que la potencia de entrada no varíe más del 3 % en un lapso de 30 min.

Con la potencia de entrada estabilizada a la carga mínima del dinamómetro, se miden y registran:

- 1) El promedio de las tensiones eléctricas entre terminales, en V;
- 2) La frecuencia eléctrica de alimentación, en Hz;
- 3) El promedio de las corrientes eléctricas de línea,  $I_{\min}$ , en A;
- 4) La potencia de entrada,  $P_{\min}$ , en kW;
- 5) El par torsional del motor,  $T_{\min}$ , en N·m;
- 6) La frecuencia de rotación,  $n_{\min}$ , en  $\text{min}^{-1}$ ;
- 7) El promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo del estator o en el cuerpo  $t_{\min}$ , en °C, y
- 8) Se verifica que la potencia de salida  $P_d$  demandada al motor bajo prueba, sea menor al 15 % de su potencia nominal. Donde  $P_d$  en kW, se calcula de la siguiente forma:

$$P_d = \frac{T_{\min} \cdot n_{\min}}{9\,549} \quad [\text{kW}]$$

**9.3.5 Prueba de operación en vacío**

Se desacopla el motor del dinamómetro y se opera en vacío a su tensión eléctrica nominal, medida en las terminales del motor y 60 Hz, hasta que la potencia de entrada varíe no más del 3 % en un lapso de 30 min. Se aplican en forma descendente tres o más valores de tensión eléctrica entre el 125 % y el 60 % de la tensión eléctrica nominal, espaciados en forma regular; dentro de estos tres valores debe incluirse la medición al 100% de la tensión eléctrica nominal, de la misma manera, tres o más valores entre el 50 % y el 20 % de la tensión eléctrica nominal o hasta donde la corriente eléctrica de línea llegue a un mínimo o se haga inestable.

La prueba debe ser llevada a cabo lo más rápidamente posible y las mediciones deben tomarse en forma descendente respecto a la tensión máxima aplicada.

Para cada valor de tensión eléctrica, se miden y registran:

- 1) El promedio de las tensiones eléctricas entre terminales, en V;
- 2) La frecuencia eléctrica de alimentación, en Hz;
- 3) El promedio de las corrientes eléctricas de línea,  $I_0$ , en A;
- 4) La potencia de entrada en vacío  $P_0$ , en kW;
- 5) La frecuencia de rotación,  $n_0$ , en  $\text{min}^{-1}$ , y
- 6) El promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo del estator o en el cuerpo, para cada valor de tensión,  $t_0$ , en °C.

**9.4 Segregación de pérdidas****9.4.1 Determinación de las pérdidas por fricción y ventilación y cálculo de las pérdidas en el núcleo.**

Los siguientes cálculos se utilizan para separar el origen de las pérdidas en vacío.

- a) Se resta de la potencia de entrada medida en el inciso 9.3.5 en vacío,  $P_0$ , las pérdidas de los devanados del estator  $I^2 R_{E0}$  para cada valor de tensión eléctrica del inciso 9.3.5, calculadas con la siguiente ecuación:

$$I^2 R_{E0} = 0,0015 \cdot I_0^2 \cdot R_{E0} \quad [\text{kW}]$$

donde:

$I_0$  Es el promedio de las corrientes eléctricas de línea en vacío del inciso 9.3.5, en A, y

$R_{E0}$  es la resistencia entre las terminales de referencia, en ohm, del inciso 9.3.1, corregida al promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator para cada valor de tensión eléctrica, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$R_{E0} = R_i \cdot \frac{t_0 + K}{t_i + K} \quad [\Omega]$$

donde:

- $R_i$  es la resistencia de referencia del inciso 9.3.1, en  $\Omega$ ;
- $t_0$  es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo del estator, o en el cuerpo para cada valor de tensión del inciso 9.3.5, en  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_i$  es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo del estator o en el cuerpo en frío del inciso 9.3.1, en  $^{\circ}\text{C}$ , y
- $K$  es la constante del material y es igual a 234,5 para el cobre puro. Para otros materiales en los devanados, debe usarse el valor especificado por el fabricante del material.
- b) Se traza una curva con la potencia de entrada con el motor operando en vacío  $P_0$  menos las pérdidas en los devanados del estator  $I^2R_{E0}$  contra la tensión eléctrica en vacío, para cada valor de tensión eléctrica entre el 125% y el 60% del valor nominal.
- c) Se traza una curva con los valores de potencia de entrada en vacío  $P_0$  menos las pérdidas en los devanados del estator  $I^2R_{E0}$ , contra el cuadrado de la tensión eléctrica, para cada valor de tensión eléctrica entre el 50% y el 20% del valor nominal o hasta el valor correspondiente a la corriente eléctrica de línea mínima o inestable. Se extrapola la curva a la tensión eléctrica en vacío igual a cero. El valor de la potencia de entrada en este punto corresponde a las pérdidas por fricción y ventilación  $P_{fv}$ .
- d) De la curva obtenida en el inciso (b), se calculan las pérdidas del núcleo,  $P_h$ , a la tensión eléctrica nominal, restando de la potencia de entrada en vacío,  $P_0$ , las pérdidas en los devanados del estator  $I^2R_{E0}$  según el inciso (a), y las pérdidas de fricción y ventilación  $P_{fv}$ , según el inciso (c).

#### 9.4.2 Cálculo de las pérdidas por efecto Joule en el estator

Se calculan las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator  $I^2R_m$  para cada uno de los seis valores de carga aplicados según el inciso 9.3.3, utilizando la siguiente ecuación:

$$I^2R_m = 0,0015 \cdot I_m^2 \cdot R_m \quad [\text{kW}]$$

donde:

- $I_m$  es el promedio de las corrientes de línea del inciso 9.3.3, en A;
- $R_m$  es la resistencia entre las terminales de referencia del estator, del inciso 9.3.1, corregida a la temperatura de los devanados para cada valor de carga mediante la siguiente ecuación:

$$R_m = R_i \cdot \frac{t_{mc} + K}{t_i + K} \quad [\Omega]$$

donde:

- $R_i$  es la resistencia de referencia del inciso 9.3.1, en ohm;
- $t_i$  es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo del estator o en el cuerpo, en frío, del inciso 9.3.1, en  $^{\circ}\text{C}$ , y
- $K$  es la constante del material y es igual a 234,5 para el cobre puro. Para otros materiales en los devanados, debe usarse el valor especificado por el fabricante.
- $t_{mc}$  es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo del estator o en el cuerpo, para cada valor de carga del inciso 9.3.3, en  $^{\circ}\text{C}$ , corregida mediante la siguiente ecuación;

$$t_{mc} = \frac{t_{fr}}{t_f} \cdot t_m \quad [^{\circ}\text{C}]$$

donde:

- $t_{fr}$  Es la temperatura de los devanados del estator en equilibrio térmico, calculada por resistencia en el inciso 9.3.2.1, en  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_f$  Es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo del estator o en el cuerpo, del inciso 9.3.2, en  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_m$  Es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo del estator o en el cuerpo, para cada valor de carga del inciso 9.3.3., en  $^{\circ}\text{C}$

#### 9.4.3 Cálculo de las pérdidas por efecto Joule en el rotor

Se calculan las pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor  $I^2R_r$ , en cada uno de los seis valores de carga aplicados según el inciso 9.3.3 utilizando la siguiente ecuación:

$$I^2R_r = (P_e - I^2R_m - P_h) \cdot S_m \quad [\text{kW}]$$

donde:

$P_e$  es la potencia de entrada para cada valor de carga medida en el inciso 9.3.3

$P_h$  son las pérdidas del núcleo calculadas en el inciso 9.4.1

$S_m$  es el deslizamiento en por unidad de la frecuencia de rotación síncrona  $n_s$  para cada valor de carga, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$S_m = \frac{n_s - n_m}{n_s} \quad [\text{p.u.}]$$

donde:

$n_m$  es la frecuencia de rotación para cada valor de carga medida en el inciso 9.3.3 en  $\text{min}^{-1}$ , y

$n_s$  es la frecuencia de rotación síncrona, calculado mediante la siguiente ecuación:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad [\text{min}^{-1}]$$

donde:

$f$  es la frecuencia eléctrica de 60 Hz de la alimentación, y

$p$  es el número de polos del motor.

#### 9.4.4 Cálculo de la potencia de salida

- a) Se calculan los valores de par torsional corregido  $T_c$ , sumando el factor de corrección del dinamómetro FCD, en cada uno de los valores de par medidos  $T_m$ . En la práctica el FCD es compensado por la calibración del dinamómetro, por lo que cuando la medición del par se hace entre el motor a prueba y el dinamómetro, este valor no afecta la medición y puede ser despreciado considerando  $FCD = 0$  para este paso del cálculo. Cuando es necesario el cálculo del FCD, debe realizarse de acuerdo con el Apéndice B.

$$T_c = T_m + FCD \quad [\text{Nm}]$$

- b) Se calcula la potencia de salida de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$P_s = \frac{T_c \cdot n_m}{9549} \quad [\text{kW}]$$

donde:

$T_c$  es el par torsional corregido del motor para cada valor de carga, en N·m, y

$n_m$  es la frecuencia de rotación para cada valor de carga, medida en el inciso 9.3.3, en  $\text{min}^{-1}$ .

#### 9.4.5 Cálculo de las pérdidas indeterminadas

Para calcular las pérdidas indeterminadas en cada uno de los seis valores de carga medidos en el inciso 9.3.3, se calcula la potencia residual  $P_{res}$  como sigue:

$$P_{res} = P_e - P_s - I^2R_m - P_h - P_{fv} - I^2R_r \quad [\text{kW}]$$

donde:

$P_e$  es la potencia eléctrica de entrada para cada valor de carga, medida en el inciso 9.3.3

$P_s$  es la potencia mecánica de salida corregida para cada valor de carga calculada en el inciso 9.4.4, en kW

$I^2R_m$  son las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator para cada valor de carga calculadas en el inciso 9.4.2, en kW

$P_h$  son las pérdidas en el núcleo calculadas en el inciso 9.4.1 (d), en kW

$P_{fv}$  son las pérdidas por fricción y ventilación calculadas en el inciso 9.4.1(c), en kW

$I^2R_r$  son las pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor para cada valor de carga, calculada en el inciso 9.4.3, en kW

Para suavizar la curva de potencia residual,  $P_{res}$ , contra el cuadrado del par torsional,  $T_c^2$ , para cada valor de carga, se usa el análisis de regresión lineal del Apéndice A.

$$P_{res} = AT_c^2 + B \quad [kW]$$

donde:

$T_c$  es el par torsional corregido del motor para cada valor de carga, calculado en el inciso 9.4.4 (a), en N·m;

A es la pendiente de la recta para el análisis de regresión lineal, y

B es la intersección de la recta con el eje de las ordenadas

Cuando el coeficiente de correlación  $\gamma$  es menor que 0,9, se elimina el peor punto y se calculan nuevamente A y B. Cuando el valor de  $\gamma$  se incrementa hasta hacerlo mayor que 0,9, se usa el segundo cálculo. En caso contrario, la prueba no fue satisfactoria, indicando errores en la instrumentación, de lectura o ambos. Se debe investigar la fuente de estos errores y corregirse, para posteriormente repetir las pruebas. Cuando el valor de A se establece conforme al párrafo anterior, se pueden calcular las pérdidas indeterminadas para cada uno de los valores de carga del inciso 9.3.3 de la siguiente forma:

$$P_{ind} = AT_c^2 \quad [kW]$$

donde:

$T_c$  es el par torsional corregido del motor para cada valor de carga, calculado en el inciso 9.4.4(a), en N·m, y

A es la pendiente de la recta

## 9.5 Corrección por temperatura para las pérdidas por efecto Joule

### 9.5.1 Cálculo de las pérdidas por efecto Joule en el estator corregidas por temperatura

Se calculan las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator corregidas de la temperatura ambiente  $t_{af}$ , medida en el inciso 9.3.2, a la temperatura ambiente de 25°C, para cada uno de los seis valores de carga medidos en el inciso 9.3.3, usando la siguiente ecuación:

$$I^2R_{mc} = 0,0015 \cdot I_m^2 \cdot R_{mc} \quad [kW]$$

donde:

$I_m$  es el promedio de las corrientes de línea para cada valor de carga del inciso 9.3.3, en A;

$R_{mc}$  es la resistencia de referencia  $R_f$  del inciso 9.3.2, corregida a una temperatura ambiente de 25°C de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R_{mc} = R_f \cdot \frac{t_c + K}{t_{fr} + K} \quad [\Omega]$$

donde:

$t_c$  es la temperatura de los devanados del estator en equilibrio térmico calculada por resistencia,  $t_{fr}$ , del inciso 9.3.2.1, corregida a una temperatura ambiente de 25°C ( $t_c = t_{fr} + 25^\circ\text{C} - t_{af}$ ), en °C;

$t_{fr}$  es la temperatura de los devanados del estator en equilibrio térmico calculada por resistencia, del inciso 9.3.2.1, en °C, y

K es la constante del material y es igual a 234,5 para el cobre puro. Para otros materiales en los devanados, debe usarse el valor especificado por el fabricante del material.

### 9.5.2 Cálculo de las pérdidas por efecto Joule en el rotor corregidas por temperatura

Se calculan las pérdidas por efecto Joule en los devanados del rotor, corregidas de la temperatura ambiente  $t_{af}$ , medida en el inciso 9.3.2, a la temperatura ambiente de 25°C, para cada uno de los seis valores de carga medidos en el inciso 9.3.3, usando la siguiente ecuación:

$$I^2R_{rc} = (P_e - I^2R_{mc} - P_h) \cdot S_{mc} \quad [kW]$$

donde:

$$S_{mc} = S_m \cdot \frac{t_c + K}{t_{mc} + K}$$

donde:

$S_{mc}$  es el deslizamiento en por unidad de la frecuencia de rotación síncrona, referido a una temperatura ambiente de 25°C;

$S_m$  es el deslizamiento en por unidad de la frecuencia de rotación síncrona medida en el inciso 9.3.3 y calculado en el inciso 9.4.3;

$t_{mc}$  es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, en el núcleo del estator o en el cuerpo, para cada valor de carga, del inciso 9.3.3, en °C, corregidas mediante la siguiente ecuación  $t_{mc} = t_{fr}/t_f * t_m$

$t_c$  es la temperatura de los devanados del estator en equilibrio térmico calculada por resistencia,  $t_{fr}$ , del inciso 9.3.2.1, corregida a una temperatura ambiente de 25°C ( $t_c = t_{fr} + 25 \text{ °C} - t_{af}$ ), en °C;

$t_{af}$  es la temperatura ambiente durante la prueba de equilibrio térmico a plena carga del inciso 9.3.2, en °C;

$K$  es la constante del material y es igual a 234,5 para el cobre puro. Para otros materiales en los devanados, debe usarse el valor especificado por el fabricante del material.

#### 9.6 Cálculo de la potencia de salida a 25 °C

Se calcula la potencia de salida corregida a la temperatura ambiente de 25 °C, para cada uno de los seis valores de carga del inciso 9.3.3 usando la siguiente ecuación:

$$P_{sc} = P_e - P_h - P_{fv} - P_{ind} - I^2R_{mc} - I^2R_{rc} \quad [\text{kW}]$$

donde:

$P_{sc}$  es la potencia de salida corregida para cada valor de carga, referido a una temperatura ambiente de 25 °C, en kW;

$P_e$  es la potencia de entrada para cada valor de carga, medida en el inciso 9.3.3;

$P_h$  son las pérdidas en el núcleo, calculadas en el inciso 9.4.1(d), en kW;

$P_{fv}$  son las pérdidas por fricción y ventilación, calculadas en el inciso 9.4.1(c), en kW;

$P_{ind}$  son las pérdidas indeterminadas, calculadas en el inciso 9.4.5, en kW;

$I^2R_{mc}$  son las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator para cada valor de carga, referidas a una temperatura ambiente de 25°C, calculadas en el inciso 9.5.1, en kW;

$I^2R_{rc}$  son las pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor para cada valor de carga, referidas a una temperatura ambiente de 25°C, calculadas en el inciso 9.5.2, en kW.

#### 9.7 Cálculo de la eficiencia

Se calcula la eficiencia  $\eta_m$  para cada uno de los seis valores de carga del inciso 9.3.3 usando la siguiente ecuación:

$$\eta_m = \left( \frac{P_{sc}}{P_e} \right) \cdot 100 \quad [\%]$$

donde:

$P_{sc}$  es la potencia mecánica de salida corregida para cada valor de carga, referida a una temperatura ambiente de 25 °C, calculada en el inciso 9.6, en kW;

$P_e$  es la potencia eléctrica de entrada para cada valor de carga, medida en el inciso 9.3.3, en kW.

#### 9.8 Eficiencia en cualquier valor de carga

Para determinar la eficiencia en algún valor preciso de carga, se traza una curva con la eficiencia calculada según el inciso 9.7 contra la potencia de salida corregida calculada en el inciso 9.6.

## **10. Marcado**

### **10.1 Placa de datos**

Todos los motores deben de ser provistos con al menos una placa de datos, ésta debe ser permanente, legible e indeleble y contener la información del inciso 10.2, debe estar adherida o sujeta mecánicamente a la envolvente o carcasa en el cuerpo principal y en un lugar visible, no se admite la colocación de ésta, en tapas, bridas o accesorios, que puedan ser retirados del cuerpo principal del motor, provocando la pérdida de rastreo del motor.

La placa de datos debe ser de un material que garantice la legibilidad de la información permanentemente y no se degrade con el tiempo bajo condiciones ambientales normales.

El fabricante o importador debe garantizar que el material, estilo, tipografía y distribución de información en la placa de datos ingresada al momento de evaluar la conformidad del producto con esta norma, sea la misma que se utilice durante la comercialización del mismo.

### **10.2 Información**

Toda la información contenida en la placa de datos debe estar en idioma español y la información mínima que se debe marcar en la placa de datos del motor es:

- Nombre del fabricante o del distribuidor, o logotipo o marca registrada;
- Modelo designado por el fabricante o distribuidor utilizado para identificación comercial;
- Tipo de enclaustramiento (abierto o cerrado, de acuerdo con el Apéndice informativo D);
- País de origen de fabricación;
- La eficiencia nominal, en por ciento, precedida del símbolo " $\eta$ " (2 dígitos enteros y 1 decimal);
- La potencia nominal en kW;
- La tensión eléctrica en V;
- La frecuencia eléctrica en Hz, y
- La frecuencia de rotación en  $\text{min}^{-1}$  o r/min.

Además de la información especificada por otras normas oficiales mexicanas vigentes que sean aplicables.

Los motores certificados en el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana, una vez publicado como norma oficial mexicana definitiva, podrán ostentar la contraseña del organismo certificador dentro o fuera de la placa de datos.

## **11. Vigilancia**

La verificación y vigilancia de la presente norma oficial mexicana, estará a cargo de la Secretaría de Energía; a través de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía y la Procuraduría Federal del Consumidor, cada una conforme a sus respectivas atribuciones.

El incumplimiento con la presente norma oficial mexicana, será sancionado conforme a lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, su reglamento y demás disposiciones legales aplicables.

## **12. Evaluación de la conformidad**

La evaluación de la conformidad de los motores con las especificaciones de la presente norma oficial mexicana, se realizará por laboratorios acreditados y aprobados.

## **13. Bibliografía**

Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992.

Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de enero de 1999.

NOM-016-ENER-2002 Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de enero de 2003.



NMX-Z-013/1-1977	Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas oficiales mexicanas, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 1977.
NMX-J-075/1-ANCE	Aparatos Eléctricos-Máquinas Rotatorias Parte 1: Motores de Inducción de Corriente Alterna del Tipo de Rotor en Cortocircuito, en Potencias Desde 0,062 a 373 kW-Especificaciones.
NMX-J-075/2-ANCE	Aparatos Eléctricos-Máquinas Rotatorias Parte 2: Motores de Inducción de Corriente Alterna del Tipo de Rotor en Cortocircuito, en Potencias Grandes-Especificaciones.
NMX-J-075/3-ANCE	Aparatos Eléctricos-Máquinas Rotatorias Parte 3: Métodos de Prueba para Motores de Inducción de Corriente Alterna del Tipo de Rotor en Cortocircuito, en Potencias desde 0,062 kW-Métodos de Prueba.
CSA C390	Energy Efficiency Test Methods for Three-Phase Induction Motors.
CSA C22.2-100	Motors and Generators.
IEC 60034-1	Rotating electrical machines. Part 1: Rating and performance
IEC 60034-2-1	Rotating Electrical Machines. Part 2-1: Standards methods for determining losses and efficiency from tests.
IEC 61972	Method for determining losses and efficiency of three-phase cage induction motors.
IEEE Std. 112	IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators.
NEMA MG 1	Motors and Generators.
IEEE 519-1992	Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems.

#### 14. Concordancia con normas internacionales

Esta norma oficial mexicana no concuerda con ninguna norma internacional, por no existir referencia alguna en el momento de su elaboración.

#### 15. Transitorios

**Primero.** La presente norma oficial mexicana, una vez publicada en el Diario Oficial de la Federación y a su entrada en vigor, cancelará y sustituirá a la NOM-016-ENER-2002, Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado, que fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de enero de 2003.

**Segundo.** La presente norma oficial mexicana, una vez publicada en el Diario Oficial de la Federación, entrará en vigor el 19 de diciembre de 2010 y a partir de esta fecha, todos los motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 kW a 373 kW comprendidos dentro del campo de aplicación de esta norma oficial mexicana, deben ser certificados con base a la misma.

**Tercero.** Los motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, certificados en el cumplimiento de la NOM-016-ENER-2002 antes de la fecha de entrada en vigor de esta norma oficial mexicana, por un organismo de certificación debidamente acreditado y aprobado, podrán comercializarse hasta agotar el inventario del producto amparado por el certificado.

**Cuarto.** No es necesario esperar el vencimiento del certificado de cumplimiento con la NOM-016-ENER-2002 para obtener el certificado de cumplimiento con la NOM-016-ENER-2010, cuando así le interesa al comercializador.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 6 de octubre de 2010.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE) y Director General de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, **Emiliano Pedraza Hinojosa**.- Rúbrica.

**Apéndice A**  
**Análisis de Regresión Lineal**  
**(Normativo)**

El propósito del análisis de regresión lineal es el encontrar una relación matemática entre dos conjuntos de variables, tal que los valores de una variable puedan ser usados para predecir la otra. La regresión lineal asume que los dos conjuntos de variables están relacionados linealmente; esto es, que cuando los valores de dos variables ( $x_i$ ,  $y_i$ ) son graficados, los puntos casi se ajustarán a una línea recta. El coeficiente de correlación ( $\gamma$ ), indica qué tan bien se ajustan estos pares de valores a una línea recta.

La relación de una línea recta se expresa de la siguiente forma:

$$Y = AX + B$$

donde:

Y es la variable dependiente;

X es la variable independiente;

A es la pendiente de la recta, y

B es la intersección de la recta con el eje de las ordenadas.

La pendiente de la recta (A) y la intersección con el eje de las ordenadas se calculan usando las siguientes dos fórmulas de regresión lineal:

$$A = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$B = \frac{\sum Y}{N} - A \frac{\sum X}{N}$$

donde:

N es el número de parejas ( $x_i$ ,  $y_i$ ), el coeficiente de correlación ( $\gamma$ ) se calcula usando la siguiente fórmula:

$$\gamma = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(N \sum X^2 - (\sum X)^2)(N \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Los valores del coeficiente de correlación van desde -1 a +1. Un valor negativo indica una relación negativa (es decir, cuando X aumenta, Y disminuye o viceversa), y un valor positivo indica una relación positiva (es decir, cuando X aumenta, Y aumenta). Entre más cercano es el valor a -1 o +1 es mejor la relación. Un coeficiente de correlación cercano a cero indica una inexistencia de relación.

**Apéndice B**  
**Cálculo del factor de corrección del dinamómetro (FCD)**  
**(Normativo)**

Con las mediciones realizadas en los incisos 9.3.4 y 9.3.5 al 100 % de la tensión eléctrica nominal, se calcula:

- a) El deslizamiento por unidad de la frecuencia de rotación con respecto a la frecuencia de rotación síncrona, con el dinamómetro a su carga mínima, de acuerdo con la siguiente ecuación ( $S_{\min}$ ):

$$S_{\min} = \frac{n_s - n_{\min}}{n_s} \quad [\text{p.u.}]$$

donde:

$n_{\min}$  es la frecuencia de rotación con el dinamómetro a su carga mínima medida en el inciso 9.3.4, en  $\text{min}^{-1}$ , y

$n_s$  es la frecuencia de rotación síncrona, calculada como en el inciso 9.4.3, en  $\text{min}^{-1}$ .

- b) Las pérdidas por efecto Joule en el estator con el dinamómetro a su carga mínima:

$$I^2 R_{\min} = 0,0015 \cdot I_{\min}^2 \cdot R_{\min} \quad [\text{kW}]$$

donde:

$I_{\min}$  es el promedio de las corrientes de línea durante la prueba con carga mínima en el dinamómetro del inciso 9.3.4, en A, y

$R_{\min}$  es la resistencia de referencia corregida a la temperatura de los devanados del estator durante la prueba con carga mínima en el dinamómetro, calculada mediante la siguiente ecuación:

$$R_{\min} = R_i \cdot \frac{t_{\min} + K}{t_i + K} \quad [\Omega]$$

donde:

$R_i$  es la resistencia de referencia, del inciso 9.3.1, en ohm;

$t_{\min}$  es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo del estator o en el cuerpo, con el dinamómetro a su mínima carga, del inciso 9.3.4, en °C;

$t_i$  es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo del estator o en el cuerpo, del inciso 9.3.1, en °C, y

$K$  es la constante del material y es igual a 234,5 para el cobre puro. Para otros materiales en los devanados, debe usarse el valor especificado por el fabricante del material.

c) El factor de corrección del dinamómetro:

$$FCD = \frac{9\,549}{n_{\min}} \left[ (P_{\min} - I^2 R_{\min} - P_h)(1 - S_{\min}) \right] - \frac{9\,549}{n_0} \left[ P_0 - I^2 R_{E0} - P_h \right] - T_{\min} \quad [N \cdot m]$$

donde:

$P_{\min}$  es la potencia de entrada con el dinamómetro a su carga mínima, medida en el inciso 9.3.4, en kW

$P_n$  son las pérdidas en el núcleo calculadas en el inciso 9.4.1 en kW

$P_0 - I^2 R_{E0}$  es calculado en el inciso 9.4.1 a), en kW

$T_{\min}$  es el par torsional del motor con el dinamómetro a su carga mínima, medida en el inciso 9.3.4 en N·m

$n_0$  es la frecuencia de rotación en vacío, en  $\text{min}^{-1}$ .

### Apéndice C

#### Nomenclatura

#### (Normativo)

$A$  es la pendiente de la recta para el análisis de regresión lineal.

$B$  es la intersección de la recta con el eje de las ordenadas para el análisis de regresión lineal.

FCD es el Factor de Corrección del Dinamómetro, en N·m

$I_0$  es el promedio de las corrientes de línea con el motor operando en vacío, en A

$I_m$  es el promedio de las corrientes de línea para cada valor de carga, en A

$I_{\min}$  es el promedio de las corrientes de línea con el dinamómetro a su carga mínima, en A

$I^2 R_{E0}$  son las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator para la operación en vacío del motor, en kW

$I^2 R_m$  son las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator para cada valor de carga, en kW

$I^2 R_{mc}$  son las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator para cada valor de carga, referidas a una temperatura ambiente de 25°C, en kW

$I^2 R_{\min}$  son las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator durante la prueba con carga mínima en el dinamómetro, en kW

$I^2 R_r$  son las pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor para cada valor de carga, en kW

$I^2 R_{rc}$  son las pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor para cada valor de carga, referidas a una temperatura ambiente de 25°C en kW

$K$  es la constante del material de los devanados del estator

$n_m$  es la frecuencia de rotación para cada valor de carga, en  $\text{min}^{-1}$

$n_{\min}$  es la frecuencia de rotación con el dinamómetro a su carga mínima, en  $\text{min}^{-1}$

$n_0$  es la frecuencia de rotación en vacío, en  $\text{min}^{-1}$

$n_s$  es la frecuencia de rotación síncrona, en  $\text{min}^{-1}$

$P_0$  es la potencia de entrada con el motor operando en vacío, en kW

$P_d$  es la potencia demandada al motor bajo prueba por el dinamómetro a su carga mínima, en kW

$P_e$  es la potencia de entrada para cada valor de carga, en kW

$P_{fv}$  son las pérdidas por fricción y ventilación, en kW

$P_h$	son las pérdidas en el núcleo, en kW
$P_{ind}$	son las pérdidas indeterminadas, en kW
$P_{mín}$	es la potencia de entrada con el dinamómetro a su carga mínima, en kW
$P_{res}$	es la potencia residual para cada valor de carga, en kW
$P_s$	es la potencia de salida corregida para cada valor de carga, en kW
$P_{sc}$	es la potencia de salida corregida para cada valor de carga, referida a una temperatura ambiente de 25°C, en kW
$R_{E0}$	es la resistencia del estator medida entre las terminales de referencia, a la temperatura de la prueba de operación en vacío, en $\Omega$
$R_f$	es la resistencia del estator medida entre las terminales de referencia después de la estabilización térmica del motor al 100% de su carga nominal, en $\Omega$
$R_i$	es la resistencia de referencia medida inicialmente con el motor en frío, en $\Omega$
$R_m$	es la resistencia del estator corregida a la temperatura de los devanados para cada valor de carga, en $\Omega$
$R_{mc}$	es la resistencia del estator corregida a la temperatura de los devanados para cada valor de carga, referida a una temperatura ambiente de 25°C, en $\Omega$
$R_{mín}$	es la resistencia de referencia corregida a la temperatura de los devanados durante la prueba con carga mínima en el dinamómetro, en $\Omega$
$S_m$	es el deslizamiento en por unidad de la frecuencia de rotación síncrona, para cada valor de carga medido
$S_{mc}$	es el deslizamiento en por unidad de la frecuencia de rotación síncrona, para cada valor de carga medido, referido a una temperatura ambiente de 25°C
$S_{mín}$	es el deslizamiento en por unidad de la frecuencia de rotación síncrona, con el dinamómetro a su carga mínima
$T_c$	es el par torsional del motor corregido para cada valor de carga, en N·m
$T_m$	es el par torsional del motor para cada valor de carga, en N·m
$T_{mín}$	es el par torsional del motor con el dinamómetro a su carga mínima, en N·m
$t_0$	es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo de estator o en cuerpo, para cada uno de los valores de tensión con el motor operando en vacío, en °C
$t_{af}$	es la temperatura ambiente durante la prueba de estabilidad térmica a carga plena, en °C
$t_{ai}$	es la temperatura ambiente durante la medición de los valores iniciales de resistencia y temperatura, en °C
$t_{am}$	es la temperatura ambiente durante las pruebas a diferentes cargas, en °C
$t_c$	es la temperatura de los devanados del estator en equilibrio térmico calculada por resistencia $t_{fr}$ referida a una temperatura ambiente de 25°C, en °C
$t_f$	es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo del estator o en el cuerpo, después de la estabilización térmica a la cual se midió la resistencia $R_f$ , en las terminales de referencia, en °C
$t_{fr}$	es la temperatura de los devanados del estator en equilibrio térmico calculada por resistencia
$t_i$	es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo del estator o en el cuerpo, con el motor, en frío, en °C
$t_m$	es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo del estator o en el cuerpo, para cada valor de carga, en °C
$t_{mc}$	es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo del estator o en el cuerpo, para cada valor de carga, en °C, corregidas mediante la siguiente ecuación: $t_{mc} = t_{fr} / t_f * t_m$
$t_{mín}$	es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, o la temperatura en el núcleo del estator o en el cuerpo, con el dinamómetro a su carga mínima, en °C
$\gamma$	es el factor de correlación para el análisis de regresión lineal
$\eta$	es la eficiencia nominal, en por ciento
$\eta_m$	es la eficiencia calculada a la potencia nominal del motor, en por ciento
DAT	es la distorsión armónica total, en por ciento

**Apéndice D**  
**Identificación de motores abiertos o cerrados**  
**(Informativo)**

Enclaustramiento	Designación	Definición en español	Definición en inglés
Motores abiertos	IP 00	Sin protección	
	IP 02	Sin protección contra contacto y cuerpos extraños y protección contra gotas de agua con 15° de inclinación respecto a la vertical	
	IP 11	Protección contra contacto accidental de la mano, sólidos de diámetros mayores de 50 mm y, gotas de agua verticales	
	IP 12	Protección contra contacto accidental de la mano, sólidos de diámetros mayores de 50 mm y, gotas de agua con 15° de inclinación respecto a la vertical	
	IP 13	Protección contra contacto accidental de la mano, sólidos de diámetros mayores de 50 mm y, gotas de agua con 60° de inclinación respecto a la vertical	
	IP 21	Protección contra contacto de los dedos a partes vivas o móviles, sólidos de diámetros mayores de 12 mm y, gotas de agua verticales.	
	IP 22	Protección contra contacto de los dedos a partes vivas o móviles, sólidos de diámetros mayores de 12 mm y, gotas de agua con 15° de inclinación respecto a la vertical.	Open Drip-Proof (IEC Standard)
		Abierto a prueba de goteo	
	IP 23	Protección contra contacto de los dedos a partes vivas o móviles, sólidos de diámetros mayores de 12 mm y, gotas de agua con 60° de inclinación respecto a la vertical	
	WP-I	Protección Ambiental Tipo I	Ambient Protection Type I
	APG, ODP	Abierto a Prueba de Goteo	Open Drip Proof
	PGCP, DPFG	A Prueba de Goteo Completamente Protegido	(Drip-Proof Fully Guarded)
	APP, ODG	Abierto a Prueba de Goteo, Protegido	Open Drip-Proof, Guarded
APG-VF, ODG-FV	Abierto a Prueba de Goteo, Ventilación Forzada	Open Drip-Proof, Force Ventilated	
APG-VS, ODG-SV	Abierto a Prueba de Goteo, Ventilación Separada	Open Drip-Proof, Separately Ventilated	

Enclaustramiento	Designación	Definición en español	Definición en inglés
Motores cerrados	IP 44	Protección contra contacto con herramientas, contra sólidos de diámetros mayores de 1 mm y contra salpicaduras de agua en todas direcciones	
		Totalmente Cerrado	Totally-Enclosed (IEC Standard)
	IP 54	Protección completa contra contacto, contra acumulación de polvos nocivos y contra salpicaduras de agua en todas direcciones	
		A prueba de Chapoteo	Splash Proof (IEC Standard)
	IP 55	Protección completa contra contacto, contra acumulación de polvos nocivos y contra chorro de agua en todas direcciones	
		Uso Lavadora	Washdown (IEC Standard)
	IP 56	Protección completa contra contacto, contra acumulación de polvos nocivos y contra oleaje fuerte	
	IP 65	Protección completa contra contacto, protección completa contra polvos y contra chorro de agua en todas direcciones	
	TC, TE, TCVE, TEFC	Totalmente cerrado con ventilación exterior.	Totally Enclosed Fan Cooled
	TC, TCVE, TEAO	Totalmente cerrado con ventilación exterior.	Totally Enclosed Air Over
	TCVF, TEBC	Totalmente cerrado con ventilación forzada	Totally Enclosed Blower Cooled
	TC, TCNV, TENV	Totalmente cerrado no ventilado	Totally Enclosed Non-Ventilated
	TCEA, TEWC	Totalmente cerrado con enfriamiento agua	Totally Enclosed Water Cooled
	TCCCA, TECACA	Totalmente Cerrado, Circuito Cerrado, Enfriamiento Aire-Aire	Totally-Enclosed, Closed Circuit, Air to Air
	TCDVAAi, TEDC-A/A	Totalmente Cerrado, Doble Ventilación, Aire-Aire	Totally-Enclosed, Dual Cooled, Air to Air
	TCDVAA, TEDC-Q/W	Totalmente Cerrado, Doble Ventilación, Aire-Agua	Totally-Enclosed, Dual Cooled, Air to Water
	TCTV, TETC	Totalmente Cerrado con tubería de ventilación	Totally-Enclosed, Tube Cooled
	TCEAA, TEWAC	Totalmente Cerrado, Enfriamiento Aire-Agua	Totally-Enclosed, Water/Air Cooled
	TC, TCPE, TEXP, XP	Totalmente cerrado a prueba de explosión.	Totally-Enclosed, Explosion-Proof
	TCEAAi, TEAAC	Totalmente cerrado con enfriamiento aire-aire.	Totally Enclosed Air to Air Cooled
TCPE, TEEP	Totalmente cerrado a prueba de explosión.	Totally Enclosed Explosion Proof	
TCPGI, TEIGF	Totalmente cerrado, presurizado con gas inerte.	Totally Enclosed Inert Gas Filled	
TCDV-IP, TEPV-IP	Totalmente cerrado con ductos de ventilación e internamente presurizados.	Totally Enclosed Pipe Ventilation Internally pressurized	
TCEAAg, TEWC	Totalmente cerrado con enfriamiento agua-aire.	Totally Enclosed Water Cooled	
TCEAA-IP, TEWC-IP	Totalmente cerrado con enfriamiento agua aire e internamente presurizados.	Totally Enclosed Water Cooled Internally pressurized	

**Apéndice E****(Informativo)****Equivalencia de potencia**

KW	c.p.*
0,746	1
1,119	1,5
1,492	2
2,238	3
3,730	5
5,595	7,5
7,460	10
11,19	15
14,92	20
18,65	25
22,38	30
29,84	40
37,30	50
44,76	60
55,95	75
74,60	100
93,25	125
111,9	150
149,2	200
186,5	250
223,8	300
261,1	350
298,4	400
335,7	450
373,0	500

c.p. = caballo de potencia (h.p.)

