



## IPET 132 PARAVACHASCA

### Asignatura: Operación y Mantenimiento de Componentes Electromecánicos

#### Quinto Año A Especialidad Electromecánica

Profesores:

Ignacio Dominguez

Diego Ferrari

Email:

ignaciod\_1990@hotmail.com

[ad-ferrari@hotmail.com](mailto:ad-ferrari@hotmail.com)

Objetivo del trabajo Práctico: **Motores Eléctricos** (Clasificación, parámetros, selección, protecciones, fallos, mantenimiento)

#### Criterios de evaluación:

Participación en las instancias y medios de consulta (clases virtuales, whatsapp).

Presentación en tiempo y forma de las actividades propuestas.

Asiste a las clases virtuales anunciadas desde el grupo de whatsapp.

No dejes de consultar por los medios disponibles a tu docente sobre las dudas que pudieran surgir durante la resolución de la presente actividad.

Trata de tomar la fotografía de tu trabajo en un lugar iluminado. No olvides poner tu nombre, apellido y curso en cada hoja del trabajo. Puedes presentar tu actividad también resuelta en formato digital (word o pdf).

Recuerda ir anexando los resúmenes enviados por el docente a tu carpeta, en la medida que puedas ir imprimiéndolos.

Organiza tu biblioteca técnica de consulta con estos apuntes, trabajos y notas de clases (tanto en formato papel como digital). Seguramente ante futuros trabajos en el campo práctico esa información te resultará de utilidad.

#### **Introducción**

En las diferentes aplicaciones de motores la acertada elección del tipo y características de los mismos, así como las cuestiones referidas a su mantenimiento resultan cruciales, repercutiendo directamente sobre los parámetros de eficacia y eficiencia de los sistemas electromecánicos.

#### **Desarrollo**

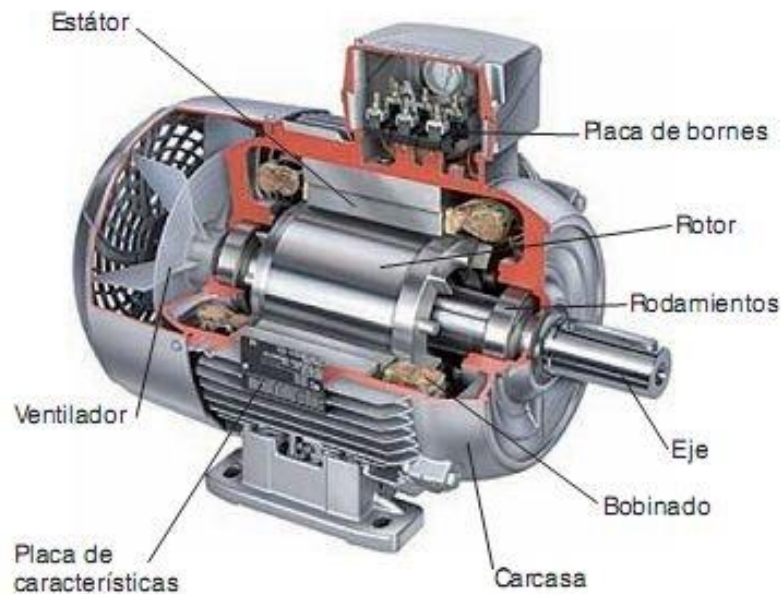
##### **1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

Se llama motor eléctrico al dispositivo capaz de transformar la energía eléctrica en energía mecánica, es decir, puede producir movimiento al convertir en trabajo la energía eléctrica proveniente de la red o almacenada en un banco de baterías.

Básicamente, un motor está constituido por dos partes, una fija denominada **Estator**, y otra móvil respecto a esta última denominada **Rotor**. Ambas están fabricadas en material ferromagnético (chapas magnéticas apiladas), y disponen de una serie de ranuras en las que se alojan los hilos conductores de cobre que forman el devanado eléctrico.

En todo motor eléctrico existen dos tipos de devanados: el inductor, que origina el campo magnético para inducir las tensiones correspondientes en el segundo devanado, que se

denomina inducido, puesto que en él aparecen las corrientes eléctricas que producen el par de funcionamiento deseado (torque).



El espacio entre el rotor y el estator es constante y se denomina entrehierro. Por efecto de las intensidades que atraviesan el rotor y el estator; se crean campos magnéticos en el entrehierro. La interacción de estos campos magnéticos con las intensidades que atraviesan los conductores del rotor produce unas fuerzas tangenciales que hacen girar el rotor produciéndose de este modo la energía mecánica.

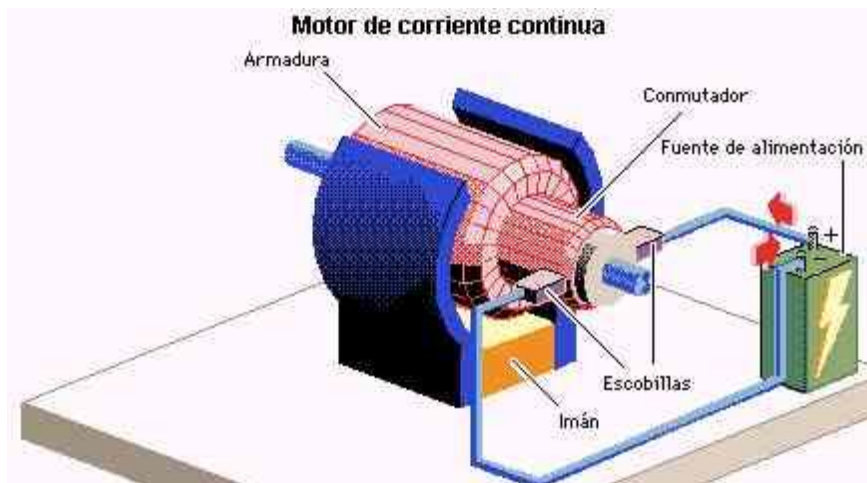
Desde su invención hasta nuestros días, el uso de los motores eléctricos ha sido creciente debido a:

- Gran versatilidad de utilización y potencias que hacen posible su uso en el hogar, la industria, el transporte, etc.
- Altos rendimientos: un motor diesel 18.5 HP a 1500 rpm tiene una eficiencia del orden del 36%, mientras que uno eléctrico de la misma potencia a 440 V tiene una eficiencia del 87%.
- Larga duración: Con buena utilización y mantenimiento su vida útil es superior a 20 años.

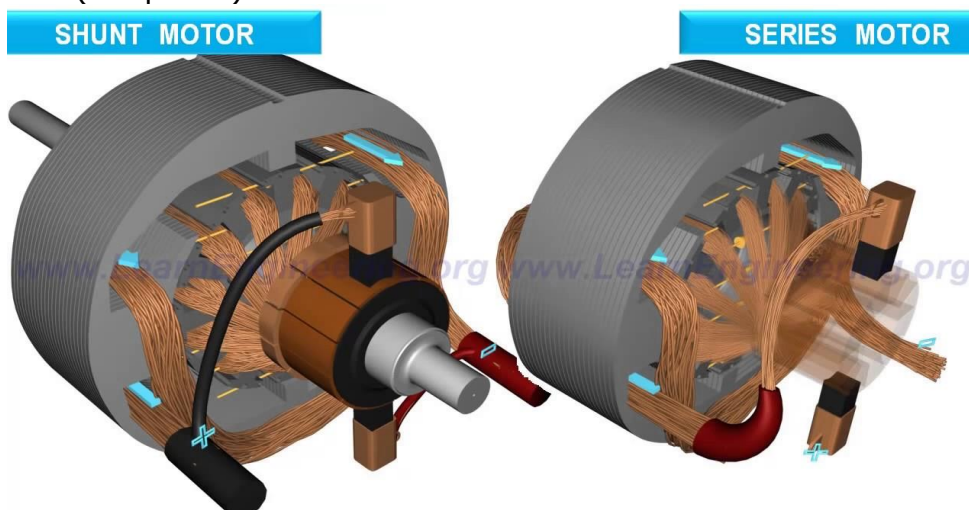
## 2 CLASIFICACIÓN:

Los motores eléctricos, desde el punto de vista de su utilización industrial, suelen clasificarse en:

### Corriente continua:



- a) Derivación.
- b) Independiente.
- c) Serie.
- d) Compound (Compuesto).



## Corriente alterna

- a) Asíncronos:
  - Rotor en corto circuito.
  - Rotor bobinado.

- b) Síncronos.

### 2.1 Motores de corriente continua

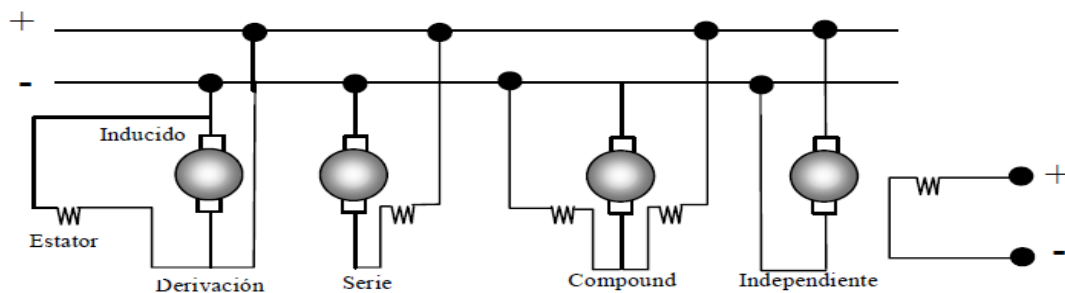
Son de gran facilidad para la regulación de velocidad, cambios o inversiones rápidas de la marcha, y sin necesidad de equipos costosos es posible efectuar control automático de torques y velocidades.

Por las ventajas descritas anteriormente se utilizan primordialmente en industrias Papeleras, Textileras, Químicas, Siderúrgicas y Metalúrgicas. En estos motores, el estator está formado por polos principales y auxiliares excitados por corriente continua, así mismo el rotor se alimenta con corriente continua mediante el colector de delgas y las escobillas.

**Tipos:** Dependiendo de la forma en que se alimentan los devanados del estator se clasifican:

- **En derivación:** El estator se alimenta con la misma tensión que el inducido.
- **Independiente:** El estator y el inducido se alimentan con fuentes separadas o independientes.
- **En serie:** El estator y el inducido se conectan de modo tal que por ellos circule la misma corriente.
- **Compound:** Es una combinación de las conexiones en serie y en derivación.

Una representación gráfica de la anterior clasificación se ilustra en la figura 1.



**Figura 1 Tipos de motores de corriente directa (CD)**

En los motores en derivación, el flujo por polo es prácticamente constante, y considerando que el par del motor es proporcional a la corriente y que la velocidad disminuye linealmente al aumentar esta, se tiene un motor en el que la velocidad varía muy poco cuando varía el par, por lo cual se utilizan en casos donde la velocidad debe ser lo más independiente posible de la carga. Los motores con excitación independiente son prácticamente iguales a los anteriores.

En los motores serie, la corriente del inducido atraviesa los polos y como el flujo producido en un polo depende de la corriente, el flujo será variable. El comportamiento típico de este motor es el siguiente:

- El par del motor crece al principio en forma cuadrática, más adelante, crece en forma lineal.
- La velocidad disminuye más que proporcionalmente al crecer la intensidad.

Por lo cual, se tiene un par muy elevado a velocidades pequeñas (arranque) y velocidades muy grandes con pares muy pequeños.

Este tipo de motores no puede funcionar en vacío puesto que en estas condiciones el flujo es muy pequeño y según la velocidad aumenta produciéndose un embalamiento. No pueden usarse en aplicaciones donde la carga pueda faltar ocasionalmente. Suelen utilizarse para tracción eléctrica, grúas, etc.

Los Compuestos tienen características intermedias a los dos anteriores. Presentan elevados pares de arranque y no tienen velocidades tan altas a bajas cargas.

## 2.2 Motores Asíncronos:

Los motores asíncronos basan su funcionamiento en la creación de un campo magnético giratorio en el entre hierro, debido a la circulación de corriente alterna trifásica en el estator.

### 2.2.1 Clasificación de los motores asíncronos

Los motores asíncronos se clasifican de acuerdo a la forma constructiva del rotor. Dicha clasificación es la siguiente:

- Jaula de ardilla: El rotor está compuesto por un conjunto de barras conductoras de cobre unidas en sus extremos por anillos.
- Rotor bobinado: El rotor está compuesto por un arrollamiento (devanado) introducido en ranuras similares a las del estator. Los extremos de cada fase se conectan a unos anillos colectores montados sobre el eje, aislados eléctricamente de él. Lo anterior, permite conectar al devanado rotórico resistencias adicionales externas para reducir la corriente de arranque. Una vez finalizado el periodo de arranque se cortocircuitan los anillos y se levantan las escobillas.

El motor asíncrono suministra cualquier potencia hasta los límites de su capacidad de sobrecarga.

### 3 PARÁMETROS DE SELECCIÓN EN MOTORES

#### 3.1 Análisis del rendimiento

En la transformación de energía eléctrica en mecánica (que tiene lugar en un motor), una parte de la energía eléctrica tomada de la red se convierte en calor, constituyendo lo que son las pérdidas de un motor (ver figura 5).

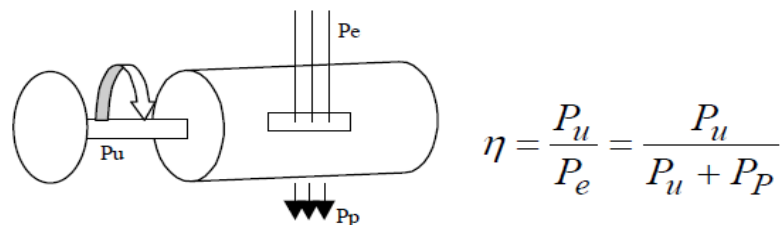
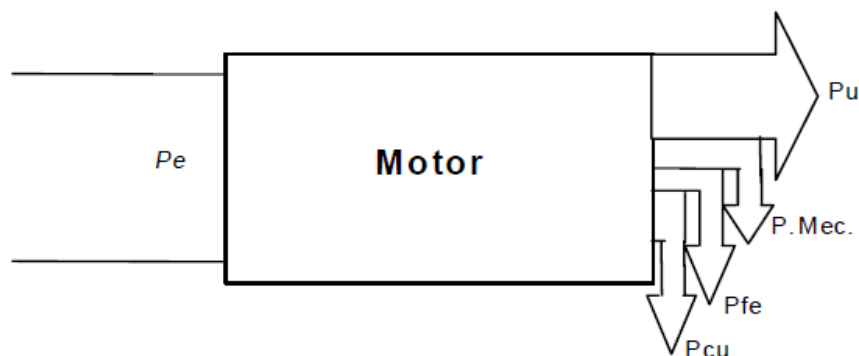


Figura 5 Eficiencia de motores

Las pérdidas que se originan en todos los motores eléctricos son fundamentalmente de tres tipos:

- Pérdidas eléctricas en devanados y otras partes de la maquinaria ( $P_{cu}$ ). Éstas corresponden a las pérdidas por efecto Joule ( $I^2 \cdot R$ ) y las pérdidas producidas en las escobillas (motores de C.C.).
- Pérdidas producidas en los circuitos magnéticos, o pérdidas en el hierro ( $P_{fe}$ ).
- Pérdidas mecánicas debidas a rozamientos y ventilación ( $P_{mec}$ ). También se incluye en este grupo aquellas originadas por el roce en los cojinetes, del aire y de las escobillas, así como la potencia absorbida por el ventilador.

En la figura 6 se representa, mediante un diagrama de Sankey, las pérdidas que se originan en un motor convencional.



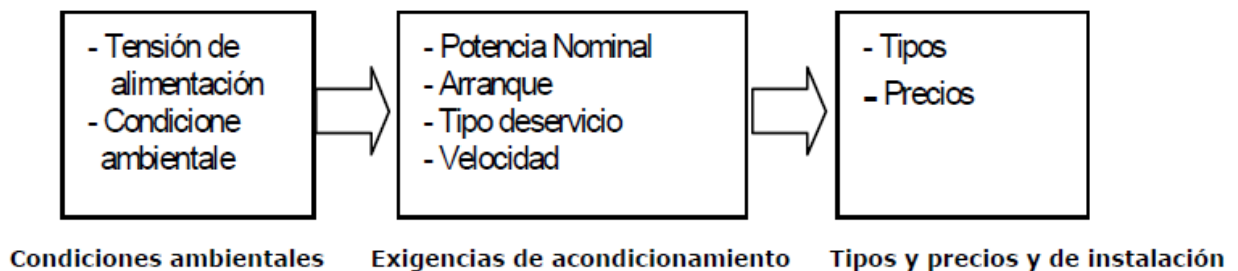
El cálculo exacto de las pérdidas no es fácil de determinar, dada la gran variedad de formas constructivas y de los tipos de ventilación, sin embargo, actualmente existe un sinnúmero de tablas y programas que permiten, por comparación con motores similares, determinarlas con excelentes resultados. Es importante aclarar, que para un motor determinado, las pérdidas aumentan a medida que crece la velocidad de rotación del motor.

#### 3.2 Determinación óptima de la potencia de motores.

Para una aplicación determinada, la elección de un motor eléctrico óptimo resulta bastante complejo (debido a los muchos factores que deben tenerse en cuenta), es decir, no existe una regla exacta y precisa que se aplique en todos los casos. En tal

sentido, se pretende dar algunas orientaciones que permitan elegir el camino más indicado en cuanto a la elección del motor se refiere.

Se puede resumir los factores más importantes a tenerse en cuenta en la elección de un motor en los siguientes tres bloques:



Finalmente y teniendo en cuenta la carga requerida y la velocidad de operación, se presenta en la figura 7 un esquema ilustrativo que permite elegir la conveniencia entre motores síncronos y asíncronos (siendo estos últimos, los más utilizados a nivel industrial por su menor costo, presentan un mejor arranque, mayor control de la velocidad, menos mantenimiento, menos robustos, etc.).

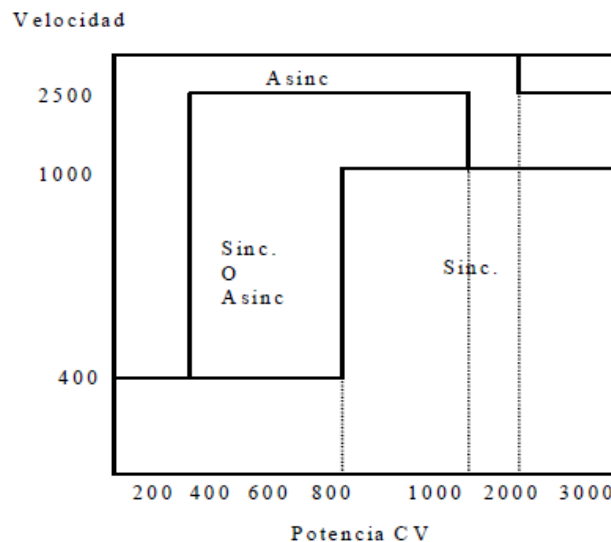


Figura 7 Selección de motores en función de su potencia y velocidad

#### 4 FALLAS FRECUENTES EN MOTORES

Se ha definido falla eléctrica como "cualquier evento que impide la normal operación (disponibilidad) de algún equipo, esquema o componente de control y protección". Esta amplia definición permite el registro de eventos, aún cuando el equipo afectado no se encuentre plenamente inoperativo, situación muy frecuente en el campo del control y protección de Sistemas Eléctricos. Por otra parte, se define Atención Correctiva como "un procedimiento preestablecido y destinado a retornar a su estado normal de operación (definido o provisorio) al objeto afectado por la falla".

Existen diferentes enfoques para analizar y evaluar el impacto de las fallas sobre los equipos del sistema eléctrico de las Industrias, en general basadas en la evaluación de la potencia o energía perdida con ocasión de cada falla. En este sentido las fallas en un motor eléctrico pueden ser originadas por:

- Fallas en los Sistemas de Protección y Control.
- Fallas originadas en la operación
- Fallas debidas a la no Calidad de la Potencia



Perturbación	subgénero	Causa de la perturbación	Efecto de la perturbación (falla)
Aumento de la temperatura		<ul style="list-style-type: none"> <li>Suciedad de las partes del motor.</li> <li>Aislamientos térmicos defectuosos.</li> <li>Cuchillas gastadas en molinos.</li> <li>Sobrecarga de barrajes, cables y motores.</li> <li>Sistemas de control desconfigurados.</li> <li>Operación inadecuada de protecciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calentamiento excesivo.</li> <li>Dstrucción de equipos.</li> <li>Conatos de incendio.</li> <li>Pérdidas de energía.</li> <li>Paros indebidos.</li> <li>Sobrecorrientes.</li> <li>Caídas de tensión.</li> <li>Ineficiencia en el proceso.</li> <li>Extracostos en operación y mantenimiento.</li> </ul>
Vibraciones Mecánicas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Rotor que no es redondo.</li> <li>Chumaceras del inducido que son excéntricas.</li> <li>Falta de alineamiento entre el rotor y el estator.</li> <li>Entrehierro no uniforme.</li> <li>Perforación elíptica del estator.</li> <li>Devanados abiertos o en corto circuito.</li> <li>Hierro del rotor en corto circuito.</li> <li>Bandas destempladas.</li> <li>Poleas desgastadas en Accionamientos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calentamiento excesivo.</li> <li>Desgaste y destrucción del equipo (disminución considerable de la vida útil).</li> <li>Pérdidas de energía.</li> <li>Paros indebidos.</li> <li>Sobrecorrientes.</li> <li>Desbalances de corriente.</li> <li>Desbalances de voltaje.</li> <li>Ineficiencia en el proceso.</li> <li>Extracostos en operación y mantenimiento.</li> </ul>
Variaciones momentáneas de bajo y alto voltaje	SAGS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corto circuito en un alimentador de alta potencia.</li> <li>Arranque de motores de potencia alta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apertura indebida en contactores y dispositivos de protección.</li> <li>Arranque no exitoso del motor que genera la perturbación.</li> </ul>
	SWEELS	<ul style="list-style-type: none"> <li>incremento temporal del voltaje durante un desbalance de fases en una falla sólida a tierra.</li> <li>Falla de un sistema no aterrizado y de impedancia de secuencia cero infinita.</li> <li>Fallas localizadas en sistemas de alimentación de 4 hilos y múltiple aterrizaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incremento temporal del voltaje.</li> <li>Sobrevoltajes línea-tierra.</li> <li>Operación inadecuada de dispositivos de control y protección.</li> <li>Problemas de hardware por calentamiento en equipos de cómputo.</li> <li>Dstrucción de componentes electrónicos.</li> <li>Daños en discos duros o en cabezales de diferentes dispositivos.</li> </ul>
Perturbación	subgénero	Causa de la perturbación	Efecto de la perturbación (falla)
Variaciones momentáneas de bajo y alto voltaje (Cont.)	Interrupciones (momentáneas, temporales y permanentes).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fallas en el sistema de potencia.</li> <li>Fallas en motores de gran consumo.</li> <li>Mala operación de controles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paros indebidos en los equipos del proceso.</li> <li>Ineficiencia en el proceso.</li> <li>Extracostos en operación y mantenimiento.</li> <li>Disminución de la vida útil de los equipos.</li> <li>Se generan voltajes SAG (durante el intervalo el tiempo comprendido entre el inicio de la falla y el tiempo de operación del sistema de protección).</li> <li>Pérdida de información y daños permanentes en discos duros.</li> </ul>
	Sobretensiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apagado de equipos de gran consumo. Por ejemplo, aires acondicionados de gran potencia y máquinas industriales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deterioro paulatino de los componentes de las computadoras y otros equipos.</li> <li>Ocasionan en las computadoras pérdida de información, errores en la grabación de datos o daños permanentes.</li> </ul>
	Subtensiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se originan cuando se encienden equipos de alto consumo de energía, como ascensores, motores y compresores.</li> <li>Caídas de voltaje en las centrales de generación por excesiva demanda de potencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Esfuerzo adicional para el funcionamiento de las fuentes de poder de las computadoras y equipo de control.</li> <li>Errores en los archivos de datos.</li> <li>Fallos o daños en los componentes eléctricos de los equipos de cómputo.</li> <li>Algunos equipos no logran energizarse completamente.</li> </ul>
Armónicos e Interarmónicos.		<ul style="list-style-type: none"> <li>Se originan por la operación de cargas no lineales y dispositivos que requieren de electrónica de potencia (convertidores, grandes motores de corriente directa y variadores de velocidad).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paros indebidos en equipos sensibles.</li> <li>Pérdidas de energía.</li> <li>Sobrecargas en los equipos.</li> <li>Operación inadecuada de fusibles y equipos de protección.</li> <li>Calentamientos excesivos.</li> <li>Resonancias electromagnéticas.</li> <li>Errores de medición (adelanto y retraso de los contadores de energía), etc.</li> </ul>
Transitorios		<ul style="list-style-type: none"> <li>Maniobras de interruptores asociados a grandes motores.</li> <li>Conexión y desconexión de capacitores (corrección del factor de potencia en grandes motores).</li> <li>Desconexión de motores eléctricos en elevadores, equipos de aire acondicionado, refrigeradores, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Esfuerzos excesivos al aislamiento de ciertos equipos.</li> <li>Daños a componentes electrónicos sensibles.</li> <li>Interrupción de programas de control en procesos.</li> <li>Pérdida de la información almacenada en memoria de computadoras.</li> <li>Daño de los elementos mismos del equipo de cómputo (Hardware).</li> </ul>

## 5 PROTECCIONES ELÉCTRICAS

De acuerdo con lo que establece la normativa vigente todo circuito (y/o equipo) debe estar protegido contra los efectos de las sobrecorrientes que puedan presentarse en el mismo.

Se entiende por **sobrecorriente** toda corriente superior a la nominal. Una sobrecorriente puede producirse por un cortocircuito o por una sobrecarga.

Para proteger un circuito contra los efectos de las sobrecorrientes (sobrecargas y cortocircuitos), normalmente se utiliza alguna de estas opciones:

**Fusibles:** protegen contra sobrecargas de muy larga duración y contra cortocircuitos.

**Fusibles y relé térmico:** El fusible protege contra cortocircuitos y sobrecargas intensas, y el relé térmico contra sobrecargas no intensas. Esta opción se utiliza fundamentalmente en la protección de motores.

**Interruptores automáticos magnetotérmicos:** Protegen contra sobrecargas y cortocircuitos. El sistema de protección **térmico** protege contra sobrecargas y el **magnético** contra cortocircuitos.

## **7 MANTENIMIENTO DE MOTORES:**

Las inspecciones, las lubricaciones y la limpieza periódica y sistemática hacen parte de un necesario programa de mantenimiento preventivo de las máquinas eléctricas, todo ello con el fin de evitar daños y paradas innecesarias en el trabajo.

La ubicación de las máquinas eléctricas va desde lugares en donde no hay polvo, suciedad ni humedad, hasta sitios donde se encuentra toda clase de suciedad. Por eso el periodo de las operaciones de las inspecciones varía según el caso, desde cada semana, hasta casa año, condicionando eso, no solamente por el medio donde trabaja el motor, sino también por el tiempo de trabajo y de la naturaleza del servicio que desempeña. En línea general, se deben observar las siguientes reglas:

### **7.1 Cada semana**

- Verificar el nivel de aceite de los cojinetes y de los anillos engrasadores.
- Verificar las conexiones de la caja de bornes (cables pelados, tuercas no apretadas).
- Examen de los fusibles y de los aparatos de control.
- Verificación del alcance de la velocidad de plena carga en un tiempo normal.
- Verificar la tensión en los bornes del motor.

### **7.2 Cada seis meses**

- Verificar la grasa o el estado del aceite de los cojinetes (excesiva grasa puede producir recalentamiento).
- Examinar las escobillas y portaescobillas (verificar la presión, la correcta posición y el desgaste. Las escobillas que están desgastadas a más de la mitad deben ser sustituidas).
- Escuchar el motor a plena velocidad de carga y observar eventuales ruidos mecánicos, luego desde parado, mover el eje para averiguar eventuales desgastes de los cojinetes.
- Verificar pernos que sujetan la base del motor, los tornillos que sujetan la placa, los escudos, las tapas de los cojinetes y las tapas de protección.
- Inspeccionar el estado de los aparatos de control (arreglar los contactos estropeados y apretar bien las conexiones, verificar el estado de los resortes de los contactos).
- Verificar si por algún fusible quemado, el motor no está trabajando con todas las tres fases.
- Limpiar la suciedad del motor usando aspiradores (los compresores echarían la suciedad en los enrollamientos).

### **7.3 Cada año**

- Limpiar los cojinetes de casquillos y renovar el aceite o grasa (esto es condicionado al ambiente de trabajo del motor).
- Verificar el grado de aislamiento del motor. Si la lectura es inferior a un megahomio (1 MΩ) y se presume que el motor esté muy húmedo, entonces hay que secarlo con una estufa hasta que la lectura sea satisfactoria.
- Verificar la corriente absorbida por el motor a plena carga, compararla con la que indica la placa de características y concluir si el motor está sobrecargado o subcargado.



- Verificar la holgura del entrehierro con un calibrador de láminas (no se debe admitir una reducción de esta holgura superior al 20% del entrehierro normal).

#### **7.4 Cada dos años**

##### *7.5 Recomendaciones generales*

- Desmontar el motor y limpiarlo con tetracloruro de carbono.
- Secado y rebarnizado del motor (operación condicionadas al tipo de trabajo del motor y al medio circundante).

Se dan los siguientes lineamientos generales:

- El polvo con limadura de hierro es abrasivo, produce desgaste y es un buen conductor.
- En ambientes muy salinos (como las cercanías del mar), los portaescobillas de las máquinas eléctricas es preferible levantarlos del colector si la máquina se queda mucho tiempo sin trabajar. Se evitarán manchas y corrosiones en el colector.
- El recalentamiento de un motor puede ser producido por la obstrucción de los canales de ventilación. Hay que chequearlos y limpiarlos con frecuencia.
- Los cojinetes nuevos hay que guardarlos bien envueltos en sitios limpios. No hay que dejarlos mezclados con la herramienta, ni cerca de limaduras o suciedades.
- Si en un cojinetes hay un escape, no hay que seguir poniendo aceite o grasa. Es necesario un chequeo y arreglar la causa de la pérdida.
- En un sistema de tracción, bandas y poleas desajustadas ocasionan sobrecargas en el motor, ineficiencias y pérdidas de energía.
- Las altas temperaturas en el motor son síntoma de sobrecarga y fallas de aislamiento eléctrico, por lo cual se recomienda realizar periódicamente medidas de termografía en los devanados.
- Finalmente y para el caso de arrancadores de motores, se debe realizar periódicamente inspección **visual** (resecamiento de la bobina, arco en los contactos, suciedad en el núcleo magnético y decoloración de los contactos), **auditiva** (vibración excesiva del núcleo magnético) y de **tacto** (verificación de terminales flojos, desuniformidad de presión en los contactos y temperaturas anormales) .

#### **Actividades:**

A partir de la información disponible en la presente, en los resúmenes en pdf enviados por el profesor, las explicaciones dadas durante las clases virtuales, la bibliografía disponible en Google Classroom y los medios que dispongas de investigación (internet, libros de texto, videos de you tube) realiza las siguientes actividades:

- 1 Explica brevemente el concepto de motor y en que sistemas se utilizan.
- 2 Realiza un cuadro sinóptico con los tres principales tipos de pérdidas que se originan en los motores.
- 3 ¿Que es una sobrecorriente en un motor? ¿Por que se producen y que alternativas de protección podemos utilizar?
- 4 Elabora una tabla general de mantenimiento de motores detallando las tareas a ejecutar en semanales, cada seis meses, anuales y cada dos años.

Próximo tema a abordar: Motores universales

Recuerda: Los motores eléctricos representan el futuro tecnológico en diversos campos, especialmente en la industria automotriz. El reemplazo de los motores de combustión interna por motores eléctricos es inminente. Dominar los aspectos técnicos referidos a este tema representa una ventaja laboral y competitiva.