

Introducción técnica a la clasificación y aspectos fundamentales de los motores eléctricos

Technical introduction to the classification and fundamental aspects of electric motors.

Rubén Darío Tirira Chulde, Marvin Xavier Martínez Ríos, Holger Mauricio Matute Castillo, Édgar Leonel Moreno Alarcón,
Jorge Darío Domínguez Vera

Abstract

Este artículo presenta una revisión exhaustiva de los distintos tipos de motores eléctricos, máquinas electromecánicas fundamentales en la conversión de energía eléctrica en energía mecánica de rotación, lo que ha posibilitado su implementación en una vasta gama de aplicaciones industriales y domésticas. Hoy en día, los motores eléctricos son pilares en la operación de múltiples sectores productivos, desde la manufactura hasta el transporte, así como en innumerables procesos domésticos y cotidianos. Se realiza un análisis detallado de los componentes estructurales comunes a todos los motores, como el rotor, el estator y el sistema de ventilación, para luego profundizar en las particularidades de cada tipología según su diseño y principio de funcionamiento. Para facilitar su clasificación, los motores se segmentan en función del tipo de corriente de alimentación: corriente continua (CC), corriente alterna (CA), y un caso particular, los motores universales, que pueden operar tanto con CC como con CA. De esta manera se busca establecer un estado del arte claro y accesible sobre los motores eléctricos, proporcionando una base sólida para consultas técnicas rápidas. De esta manera, se facilita la identificación y clasificación de los distintos tipos de motores, resaltando sus diferencias fundamentales y sus semejanzas clave.

Palabras clave: Motores eléctricos, motores CA, motores CC, motor de inducción, motores asíncronos, motores síncronos, conversión electromecánica.

Abstract

This article presents a comprehensive review of the different types of electric motors, which are fundamental electromechanical machines in the conversion of electrical energy into rotational mechanical energy, enabling their implementation in a wide range of industrial and domestic applications. Today, electric motors are key components in the operation of multiple productive sectors, from manufacturing to transportation, as well as in countless domestic and everyday processes. A detailed analysis is provided of the structural components common to all motors, such as the rotor, stator, and ventilation system, followed by an in-depth examination of the specific characteristics of each type according to its design and operating principle. To facilitate classification, motors are divided based on their power supply type: direct current (DC), alternating current (AC), and, as a special case, universal motors, which can operate with both DC and AC. In this way, the aim is to establish a clear and accessible state of the art on electric motors, providing a solid foundation for quick technical consultations. This facilitates the identification and classification of the different types of motors, highlighting their fundamental differences and key similarities.

Keywords: Electric motors, AC motors, DC motors, induction motor, asynchronous motors, synchronous motors, electromechanical conversion.

**CIENCIA E INNOVACIÓN EN
DIVERSAS DISCIPLINAS
CIENTÍFICAS.**

**Julio - Diciembre, V°5-N°2;
2024**

- ✓ **Recibido:** 30/09/2024
- ✓ **Aceptado:** 10/10/2024
- ✓ **Publicado:** 31/12/2024

PAIS

- Ecuador – Quito.
- Ecuador – Quito
- Ecuador – Santo Domingo
- Ecuador – La Concordia
- Ecuador – Riobamba
- Ecuador – Santo domingo.

INSTITUCION

Instituto Superior Universitario Sucre
Instituto Superior Universitario Sucre
Independiente.
Unidad Educativa Nueva Concordia
Unidad Educativa Las Delicias

CORREO:

- ✉ dtirira@tecnologicosucre.edu.ec
- ✉ marvin.xavier.martinez@gmail.com
- ✉ mchm502216@ute.edu.ec
- ✉ leonel.moreno@educacion.gob.ec
- ✉ jorge.dominguez@educacion.gob.ec

ORCID:

- <https://orcid.org/0009-0007-1869-015X>
- <https://orcid.org/0009-0006-5113-2689>
- <https://orcid.org/0000-0002-4783-880X>
- <https://orcid.org/0009-0009-5517-2540>
- <https://orcid.org/0009-0006-1569-9717>

FORMATO DE CITA APA.

Tirira, R. Martínez, M. Matute, H. Moreno, E. Domínguez, J. (2024). *Introducción técnica a la clasificación y aspectos fundamentales de los motores eléctricos* Revista G-ner@ndo, V°5 (N°2).1763–1786.

Introduction

Las máquinas eléctricas son dispositivos esenciales en la ingeniería moderna, ya que su capacidad para convertir energía entre sus formas eléctrica y mecánica las convierte en herramientas indispensables tanto en la industria como en la vida cotidiana. En su función como generadores, transforman la energía mecánica en energía eléctrica, que luego es utilizada en aplicaciones que van desde el suministro a líneas de transmisión hasta generadores de pequeña escala, como los que se encuentran en dispositivos portátiles o generadores eléctricos de uso doméstico (Klempner & Kerszenbaum, 2008).

En su función inversa, como motores, estas máquinas toman la energía eléctrica y la convierten en energía mecánica, la cual se emplea para mover una amplia variedad de sistemas y maquinaria, como mover tornillos helicoidales que procesan materiales, centrifugadoras utilizadas en las industrias químicas y farmacéuticas, servomotores que permiten un control preciso en múltiples ejes u otros usos como son el transporte eléctrico (trenes, automóviles eléctricos y autobuses).

Específicamente hablando de motores eléctricos, se clasifican según el tipo de corriente con la que operan: corriente continua (CC) o corriente alterna (CA), cada uno con sus beneficios y limitaciones, lo que determina sus diferentes aplicaciones. Su funcionamiento como se ha indicado se debe a la interacción entre los campos magnéticos creados por los bobinados que se encuentran en el estator y el rotor de estas máquinas. Las fuerzas de atracción y repulsión entre estos campos generan un torque que permite romper el estado de inercia del motor, dando como resultado el movimiento rotativo del eje. Este principio fundamental es común a todos los tipos de motores eléctricos que se describen en este artículo (Serrano & García, 2001).

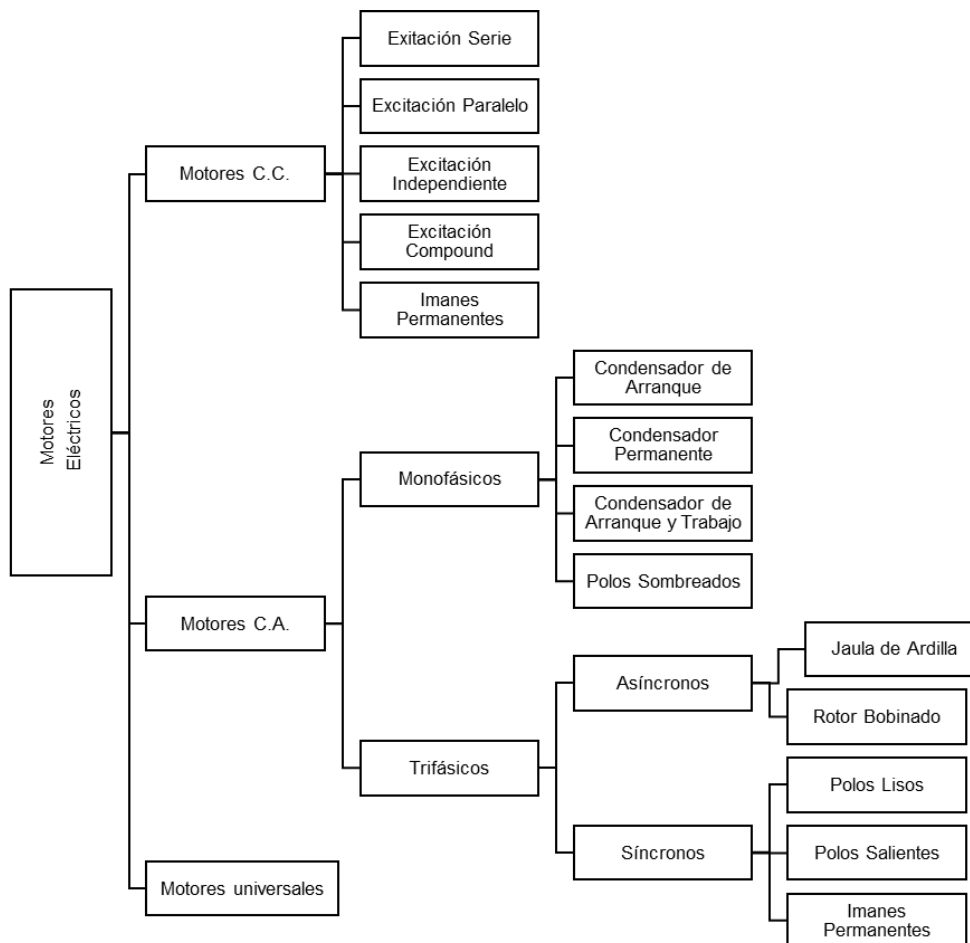
Desde la invención de los primeros motores funcionales en el siglo XIX, estas máquinas han sido fundamentales para el progreso tecnológico. A lo largo del tiempo, su diseño y construcción han evolucionado, logrando hacerlos cada vez más eficientes. Debido a su versatilidad y confiabilidad, hoy en día se encuentran presentes en prácticamente todos los sectores de la industria y de la vida cotidiana. La demanda de motores eléctricos ha crecido exponencialmente con el auge de la automatización y electromovilidad. Además, son una pieza clave en la transición hacia un transporte descarbonizado. Tanto es así, que gobiernos de países como Alemania, Noruega, Países Bajos, China, entre otros, buscan reemplazar por completo los motores de combustión interna por motores eléctricos contribuyendo de esta manera en acciones concretas contra el cambio climático (Guarnieri, 2018). Realizar una revisión y clasificación de la diversa gama de motores eléctricos existentes, abordando sus características técnicas, partes constructivas y campos de aplicación, con el fin de proporcionar una visión general de los diseños disponibles en el mercado y facilitar el estudio de estas máquinas eléctricas.

Métodos y materiales

Para alcanzar el objetivo planteado en este artículo, se adoptó una metodología descriptiva orientada a proporcionar una visión global y estructurada sobre la clasificación de los motores eléctricos y sus principales características. El enfoque se basó en una investigación exhaustiva que recurrió a fuentes bibliográficas de alta calidad y rigor técnico, como libros especializados, artículos científicos publicados en revistas reconocidas y catálogos técnicos suministrados por fabricantes de renombre en la industria de motores eléctricos. El proceso de recopilación de información estuvo dirigido a identificar las características comunes a diferentes tipos de motores y a establecer una clasificación técnica clara, complementada con una descripción de las diferencias y similitudes fundamentales entre ellos.

El análisis profundizó en los componentes estructurales típicos de los motores, como el rotor, el estator y el sistema de ventilación, y se hizo una revisión general de los motores alimentados por corriente continua (CC), corriente alterna (CA) y los motores universales. A través de esta revisión, se facilitó una comprensión precisa de las aplicaciones más adecuadas para cada tipo de motor y sus respectivos principios de funcionamiento. La metodología también incluyó un enfoque comparativo, destacando las características técnicas clave de cada tipo de motor, permitiendo así una evaluación clara y eficiente para diferentes aplicaciones industriales y domésticas. Finalmente, esta estructura metodológica permitió la creación de un estado del arte organizado y accesible, que proporciona a los profesionales una herramienta útil para consultas técnicas rápidas y confiables, permitiendo la selección adecuada de motores en función de las necesidades específicas del usuario.

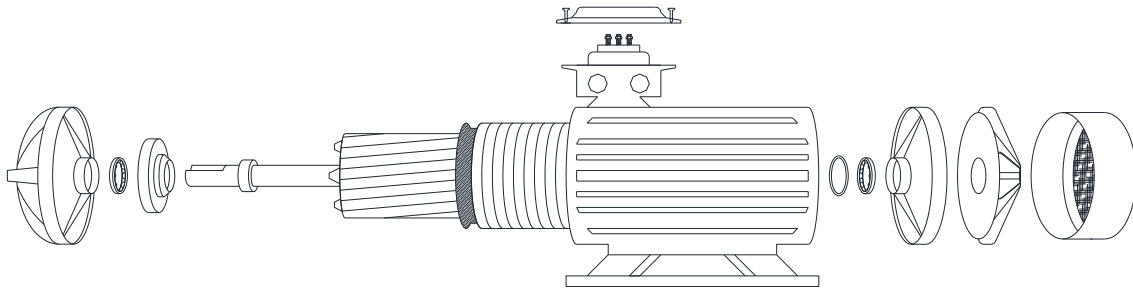
Figura 1. Clasificación de Motores eléctricos



1. Partes Constructivas Comunes en Motores Eléctricos

A pesar de la diversidad de motores eléctricos, existen componentes que son esenciales y comunes en casi todos los tipos de motores. Comprender estos elementos es clave para distinguir las variaciones entre los diferentes tipos de motores (Torre, 2013). En la figura 2, podemos observar la vista explosionada de un motor eléctrico, aunque en la realidad el número de piezas que componen esta máquina sería considerablemente mayor, el diagrama nos permite visualizar de manera rápida y concreta las partes más relevantes.

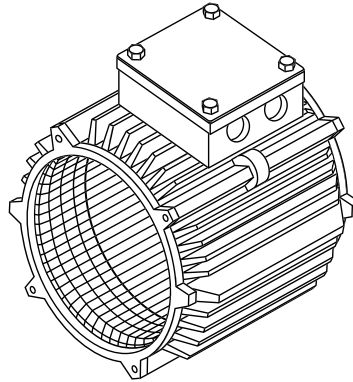
Figura 1. Motor eléctrico de inducción y sus partes



.Estator

Es la parte fija del motor y es el encargado de generar el campo magnético necesario para inducir el movimiento en el rotor. En los motores de corriente continua puede contener bobinas o emplear imanes permanentes, mientras que en los motores de corriente alterna suelen estar compuestos por devanados que crean un campo magnético giratorio. Se encuentra ubicado dentro de la carcasa, una estructura externa diseñada para proteger los componentes internos del motor frente a impactos, polvo, humedad y otros factores ambientales (Fraile Mora, 2003). Además, en la parte superior o lateral de la carcasa se encuentra la caja de terminales, que permite realizar las conexiones en los motores eléctricos, dependiendo su funcionalidad.

Figura 2. Estator de motor eléctrico.

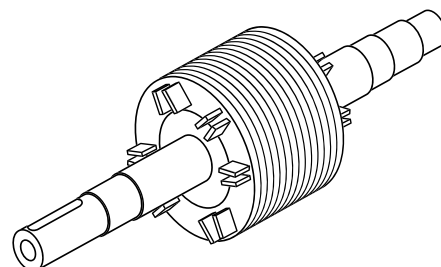


Rotor

El rotor es la parte móvil del motor y está situado dentro del estator. En los motores de corriente continua, se denomina "inducido" o "armadura", y su función principal es generar el torque necesario a través de la interacción con el campo magnético del estator. En los motores de corriente alterna, el rotor puede ser del tipo jaula de ardilla o bobinado. El rotor está conectado al eje del motor, permitiendo así la conversión de la energía eléctrica en energía mecánica rotativa. Además, incluye elementos mecánicos que brindan soporte y aseguran la integridad del sistema rotativo.

El núcleo del rotor suele estar fabricado con materiales ferromagnéticos y se construye en láminas delgadas para minimizar las corrientes parásitas, que se generarían si el núcleo fuera sólido. Este diseño en laminaciones ayuda a reducir las pérdidas energéticas causadas por los efectos de las corrientes inducidas en el material del núcleo, lo que mejora la eficiencia del motor.

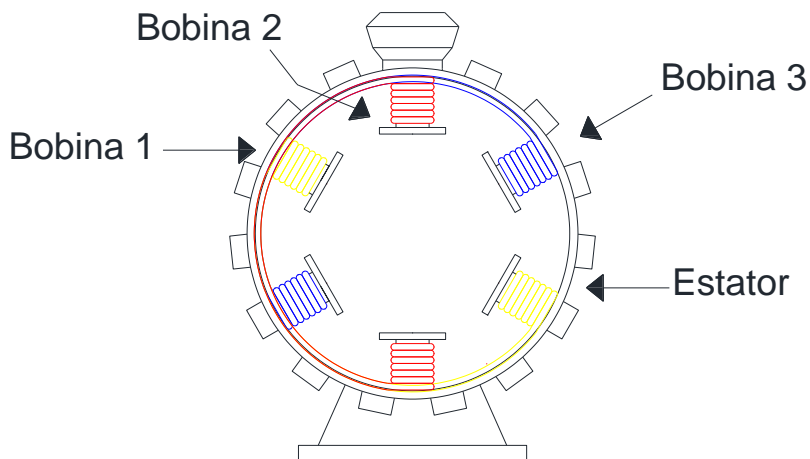
Figura 3. Rotor de motor eléctrico.



Bobinados

Su función principal es generar el campo magnético necesario para que el rotor interactúe y produzca movimiento mecánico. Los bobinados, formados por alambres de cobre o aluminio, están enrollados en espiras alrededor de los polos del estator (Sánchez, 2017). El número de espiras y su disposición influyen directamente en características clave del motor, como su velocidad, par motor, y eficiencia. Al estar configurado como una bobina, este componente introduce una componente inductiva, resultado del campo magnético que surge cuando circula corriente eléctrica por el conductor, y una componente reactiva, derivada de la reactancia inductiva. Estas dos componentes son cruciales para el modelado equivalente del motor, facilitando su análisis y optimización en distintas aplicaciones (Santos, 2020).

Figura 4. Bobinados de un motor trifásico.

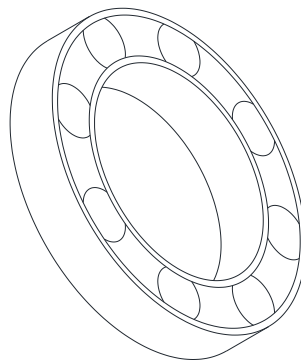


Rodamientos

También conocidos como cojinetes, son elementos mecánicos cruciales en los motores, permitiendo el movimiento rotativo del eje del rotor con respecto al estator. Están compuestos por anillos y elementos rodantes que están diseñados para soportar las cargas axiales y radiales que

actúan sobre el eje. Su función principal es reducir la fricción al mínimo, lo que permite que el eje gire casi sin resistencia, aumentando así la eficiencia del motor minimizando las pérdidas mecánicas por fricción. Los rodamientos no solo son comunes en motores eléctricos, sino que también se encuentran en muchas otras máquinas rotativas debido a sus múltiples ventajas y la variedad de diseños que se adaptan a diferentes aplicaciones (SKF, 2019).

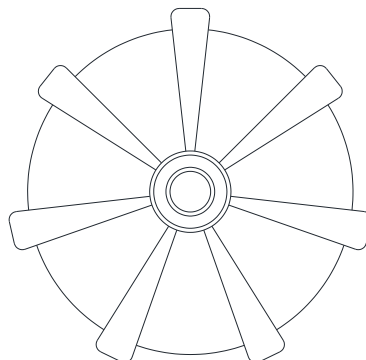
Figura 5. Rodamiento



Sistema de ventilación

Si bien no es la regla en todos los motores eléctricos, muchos de ellos, especialmente aquellos usados en contextos industriales tienen ventiladores acoplados a su eje que sirven para contrarrestar el calor provocado por el efecto joule de los bobinados, y la fricción de los rodamientos. A pesar de que un porcentaje de la potencia mecánica se pierde en el proceso de ventilación, esta es mínima, y aporta más beneficios pues aumenta la vida útil de los motores (Wildi, 2005).

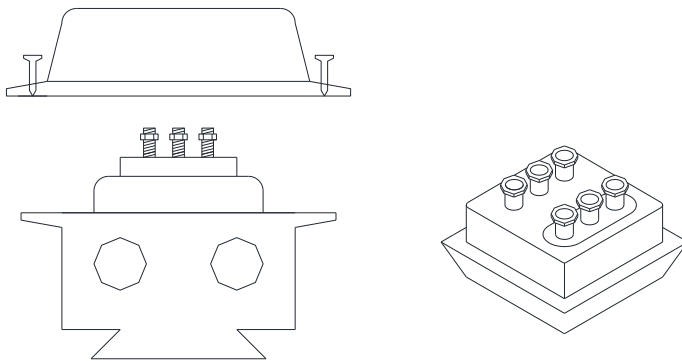
Figura 6. Vista frontal de ventilador de motor.



Caja de bornes

La caja de bornes, conocida también como caja de conexión o caja de terminales, es un componente comúnmente utilizado en motores de corriente alterna (CA) trifásicos, aunque también se encuentra en algunos motores de corriente continua (CC) utilizados en diversas aplicaciones industriales. En el caso de los motores trifásicos, esta caja permite realizar configuraciones operativas que facilitan la adaptación del motor a diferentes tensiones y modos de arranque, optimizando así su rendimiento y versatilidad en el funcionamiento (Roldan Vilorio, 2010).

Figura 7. Caja de bornes.



Clasificación de los Motores de Corriente Continua (CC)

Los motores de corriente continua fueron los primeros en ser desarrollados y son comúnmente empleados en aplicaciones donde se necesita un control preciso de la velocidad. Aunque su uso en aplicaciones industriales ha disminuido debido al reemplazo por motores de corriente alterna controlados por sistemas de electrónica de potencia avanzados, los motores CC siguen siendo una opción en aplicaciones específicas de la industria (Wildi, 2005). A continuación, se clasificarán estos motores desde los más simples hasta los más complejos tomando en algunos casos como base el tipo de excitación con la cual operan.

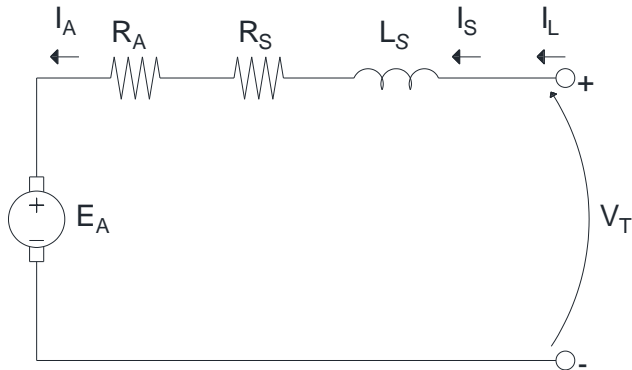
Motores de Imanes Permanentes

Son los más simples dentro de los motores CC. Para crear el campo magnético del estator, usan imanes en lugar de bobinas. Esto permite que su diseño sea muy elemental y básico, sin embargo, esto marca una limitación en las aplicaciones en las que puede ser utilizado. El rotor de este motor sigue estando bobinado y se encuentra conectado a un conmutador, lo que permite que el flujo de corriente se alterne en el rotor para mediante el cambio de polaridad se logre mantener el movimiento giratorio (Hughes & Drury, 2014). Estos motores son ideales para aplicaciones de bajo consumo de energía donde se requiere simplicidad y bajo mantenimiento, como en juguetes eléctricos, ventiladores pequeños, equipos electrónicos de bajo consumo, y vehículos eléctricos ligeros.

Motores de Excitación Serie

En este tipo de motores, los devanados del estator y el rotor están dispuestos en serie. Se distinguen por producir un alto torque al arrancar, lo que los hace ideales para tareas que requieren un arranque potente. El diseño en serie de los devanados del rotor y el estator asegura que la corriente fluya de manera uniforme en ambas partes, lo que provoca un aumento considerable del torque. Las bobinas del estator se construyen de pocas espiras y con una mayor sección transversal para minimizar la caída de voltaje (Manzano Orrego, 2014). Son usados en aplicaciones industriales que demandan altos picos de par, como en algunos vehículos eléctricos y herramientas eléctricas de gran tamaño. En el diagrama se aprecia que la corriente para este tipo de motor es la misma para el estator y el rotor.

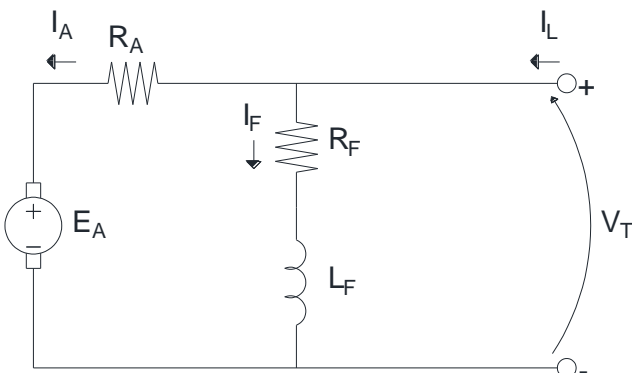
Figura 8. Diagrama de un motor de CC de excitación en serie



Motores de Excitación en Paralelo

En los motores de excitación en paralelo o shunt, los devanados del estator están conectados en paralelo con los del rotor, esto permite mantener una velocidad constante sin importar la carga. Esta característica los hace ideales para aplicaciones donde una velocidad estable es crítica. Sus bobinas son de un conductor delgado y constan de muchas vueltas (Manzano Orrego, 2014). Son usados en sistemas de transporte como ascensores y cintas transportadoras, donde es crucial mantener una velocidad constante bajo diferentes cargas. En el siguiente diagrama se aprecia que en la configuración shunt, la corriente de la fuente se divide entre la bobina de campo y el rotor (Alonso, 2015).

Figura 9. Diagrama de un motor de CC de excitación en paralelo.



Motores Compound

Los motores compound o compuestos combinan características tanto de los motores serie como de los motores shunt. Este motor tiene devanados conectados en serie y en paralelo, cada bobina con las características dadas anteriormente (Manzano Orrego, 2014), lo que le permite obtener las ventajas de ambos diseños, manteniendo una buena estabilidad de velocidad sin sacrificar el par de arranque. Se utilizan en aplicaciones de alta carga que demandan un control exacto de la velocidad y del torque, como en maquinaria industrial, grúas de gran capacidad y grandes sistemas de transporte (Vázquez, 2018).

En los siguientes diagramas se puede ver las dos configuraciones utilizadas en los motores compuestos que son la de larga derivación y la de corta derivación respectivamente. El primer circuito muestra como la corriente de la fuente CC se distribuye entre las dos bobinas del estator. Una de ellas se conecta en serie con el rotor, por lo que comparten la misma corriente. En el segundo circuito, la corriente de la fuente es la misma que la de la bobina en serie, pero se divide entre la bobina en paralelo y el rotor (Moreno, 2021).

Figura 10. Diagrama de un motor de CC compuesto, en larga derivación.

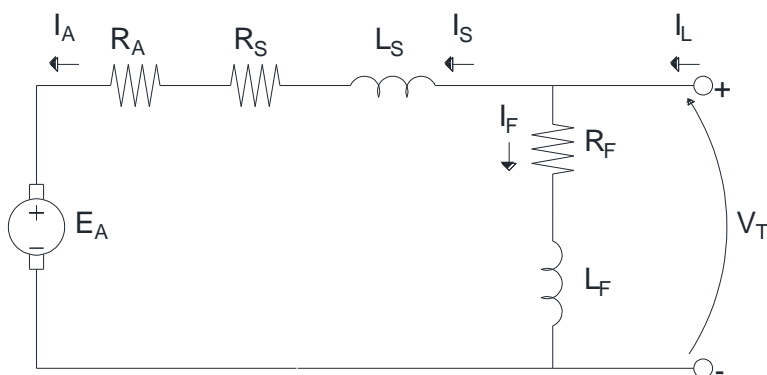
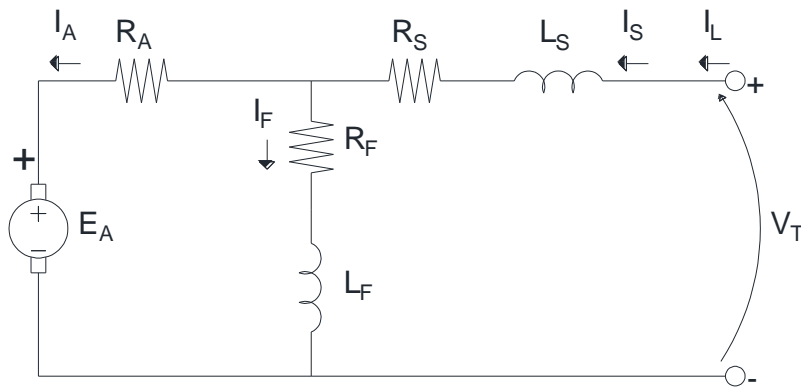


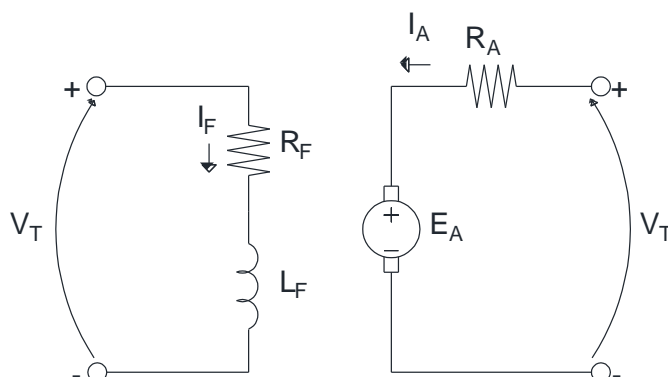
Figura 11. Diagrama de un motor de CC compuesto, en corta derivación.



Motores Excitación Independiente

Tiene como propiedad principal que los devanados del estator y del rotor son alimentados por fuentes de energía independientes, lo que permite un control más preciso tanto de la velocidad como del par, a través de la regulación de la corriente de alimentación en el estator o el rotor. Sin embargo, al requerir dos fuentes de alimentación separadas, el sistema de control se vuelve más complejo y costoso (González, 2020). Al ser de excitación independiente, los devanados del estator y del rotor no están físicamente conectados y su construcción dependerá de la fuente a la que se vaya a conectar (Manzano Orrego, 2014). Suelen usarse para el taladrado y torneado de materiales, retroceso en vacío de ganchos de grúa, en aplicaciones de tracción automotriz, ventiladores, etc. En los siguientes diagramas se puede ver como la bobina de campo y el rotor son alimentados por fuentes de CC independientes.

Figura 12. Circuito equivalente de un motor CC de excitación independiente



Clasificación de los Motores de Corriente Alterna (CA)

Los motores de corriente alterna han emergido como una opción preeminente en el ámbito industrial, gracias a su simplicidad, eficiencia y robustez. Esta clasificación se segmenta principalmente en dos grupos fundamentales: motores monofásicos y motores trifásicos, los cuales, a su vez, exhiben subcategorías definidas en función de sus características constructivas y sus aplicaciones específicas. Los motores monofásicos son particularmente idóneos para aplicaciones de menor potencia, siendo comúnmente empleados en electrodomésticos y pequeñas máquinas, mientras que los motores trifásicos son más apropiados para entornos industriales que requieren un rendimiento superior y una mayor capacidad de carga, gracias a su habilidad para generar un torque más elevado y su superior eficiencia operativa. La selección entre un motor monofásico y uno trifásico se determinará por variables como la potencia requerida, el tipo de carga y las condiciones operativas específicas de cada aplicación, lo que subraya la importancia de un conocimiento profundo sobre las diversas subcategorías de estos motores para optimizar su utilización en múltiples sectores industriales (Chapman, 2012).

Motores Monofásicos

Los motores monofásicos se emplean para tareas de baja a media potencia, como en entornos domésticos o comerciales, donde la simplicidad y el bajo costo son factores clave. Se alimentan con una sola fase de corriente alterna y presentan varias configuraciones según el tipo de arranque y funcionamiento (Krause P & Krause T, 2023). Al ser motores de inducción, en su mayoría usan rotores del tipo jaula de ardilla. Este tipo de rotor se explicarán mejor en la sección de motores trifásicos.

Motores de Polos Sombreados

Son los motores de CA con el diseño más sencillo y económico. Poseen un bajo par de arranque y son los menos eficientes, lo que limita su uso a aplicaciones con demandas de

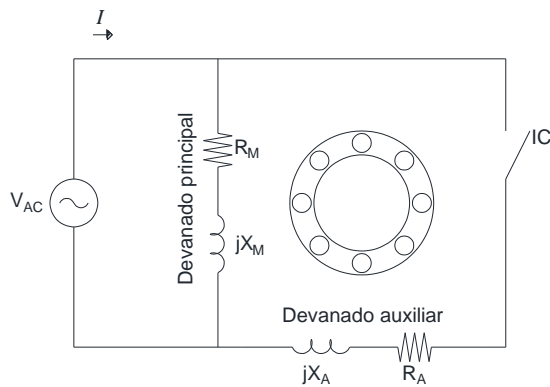
potencias de 40W o menos. Este motor consta de una única bobina principal y de pequeños anillos de cobre en cortocircuito, conocidos como “bobinas de sombreo”, que se encuentran en una parte de los polos salientes del estator, llamada “zona sombreada”. Estas bobinas crean un campo magnético desfasado, lo que genera el par de arranque (Chapman, 2012; Wildi, 2005). Se usan en pequeños ventiladores y extractores de aire, bombas de agua en peceras, y en algunos electrodomésticos.

Motores de Fase Partida

Este tipo de motor monofásico se caracteriza por tener un par de moderado y bajas corrientes de arranque. Está compuesto por una bobina principal y una bobina de arranque o auxiliar, las cuales están desfasadas 90° eléctricos. La bobina auxiliar es la encargada de generar el par de arranque que pone en marcha al motor. Está hecha con un conductor de menor calibre que el bobinado principal, por lo que debe desconectarse mediante un interruptor centrífugo una vez que el motor alcanza un determinado porcentaje de su velocidad nominal, para evitar el sobrecalentamiento. (Chapman, 2012; Wildi, 2005). Están disponibles para aplicaciones de baja potencia como esmeriles, ventiladores, pequeñas bombas, sopladores, etc.

En el siguiente gráfico se representa el motor de fase partida. Al funcionar con CA, los devanados de marcha y auxiliar se representan con una parte resistiva (R_M, R_A) y una inductiva (jX_M, jX_A). Además, se puede ver que los devanados se conectan en paralelo, con el devanado auxiliar conectado a un interruptor centrífugo.

Figura 13. Diagrama de motor monofásico de fase partida.

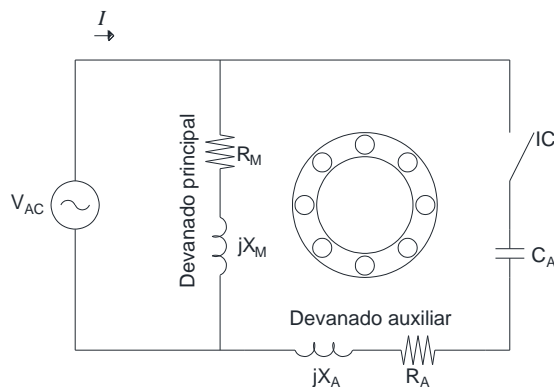


Motores con Capacitor de Arranque

En este tipo de motor, se añade un condensador al circuito de arranque que se utiliza para incrementar el torque inicial, y este se desconecta una vez que el motor llega a la velocidad nominal. Es utilizado en electrodomésticos como lavadoras y bombas pequeñas, donde se requiere un fuerte par de arranque.

En el gráfico se aprecia como el capacitor de arranque se conecta en serie al devanado auxiliar, y que el motor sigue empleando un interruptor centrífugo para desconectar el circuito de arranque.

Figura 14. Diagrama de motor monofásico con capacitor de arranque.

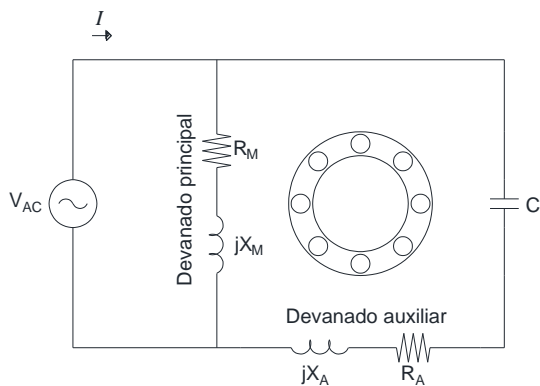


Motores con Capacitor Permanente

Estos motores utilizan un condensador que permanece en el circuito durante todo el tiempo de operación, llamado condensador de marcha, el cual proporciona un funcionamiento más suave, además no es necesario el uso de un interruptor centrífugo. Sin embargo, tienen un bajo par de arranque lo que limita su uso a ventiladores, pequeños compresores y otras áreas donde no se necesita un alto par al arrancar.

El siguiente diagrama se nos muestra que, en estos motores, el capacitor se conecta en serie al devanado auxiliar. Además, al no tener un interruptor centrífugo, el circuito de arranque trabaja durante todo el funcionamiento del motor (Moreno, 2021).

Figura 15. Diagrama de motor monofásico con capacitor permanente

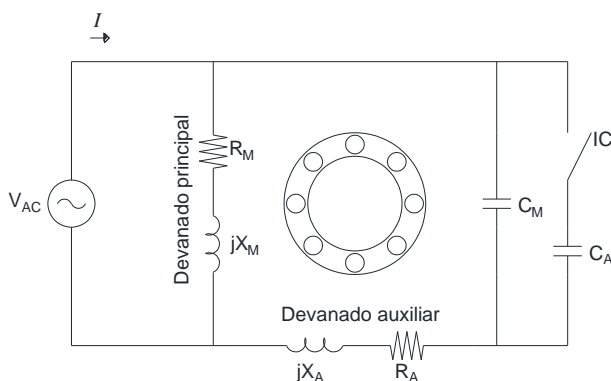


Motores con Capacitor de Arranque y Trabajo

Estos motores combinan ambos tipos de condensadores: uno para el arranque y otro que permanece en el circuito durante el funcionamiento, proporcionando tanto un buen par de arranque como una operación eficiente. Se emplean en compresores de aire, bombas y equipos que requieren alta eficiencia y buen rendimiento en condiciones de carga variable (Cáceres & Fernández, 2019).

En el siguiente diagrama se nos muestra que, en estos motores, el capacitor de arranque se conecta en paralelo al capacitor de marcha y se requiere apagarse con un interruptor centrífugo, una vez culminado el proceso de arranque.

Figura 16. Diagrama de motor monofásico con capacitor de arranque y de trabajo.



Motores Trifásicos

Son los más utilizados en la industria actual, gracias a su alta eficiencia y por su capacidad para trabajar con cargas pesadas. Se alimentan con un sistema trifásico de corriente alterna, lo que genera un campo magnético giratorio que impulsa el rotor. Los motores trifásicos se dividen en dos categorías principales: motores asíncronos y motores sincrónicos (Ramírez, 2017).

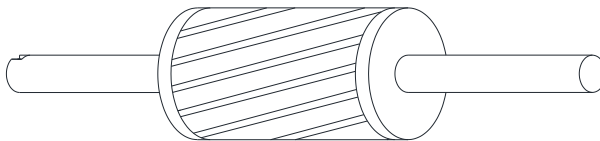
Motores Asíncronos

También conocidos como motores de inducción, son los más comunes en la industria. En estos motores, el rotor gira a una velocidad levemente menor a la del campo magnético del estator, fenómeno conocido como "velocidad de deslizamiento" (Chapman, 2012). Se dividen según el tipo de rotor los cuales son: rotor jaula de ardilla y rotor bobinado.

Motores con Rotor en Jaula de Ardilla

Este tipo de rotor consiste en barras conductoras conectadas en cortocircuito, formando una estructura similar a una jaula de ardilla, lo que le da su nombre (Wagemakers & Escribano, 2018). Es sencillo, robusto y de bajo costo, lo que lo hace adecuado para un montón de aplicaciones con rangos de baja y media potencia, como bombas, ventiladores industriales, maquinaria textil y otras con cargas estables.

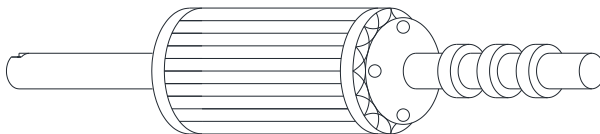
Figura 17. Rotor de jaula de ardilla



Motores con Rotor Bobinado

En este tipo de motor, el rotor está compuesto por bobinados trifásicos que se conectan a resistencias externas mediante colectores y escobillas, lo que permite ajustar el par motor y la velocidad (Eremia & Shahidehpour, 2013). Se usan en grúas, ascensores y otras aplicaciones donde se necesite un control preciso de la velocidad y el torque del motor.

Figura 18. Rotor bobinado.



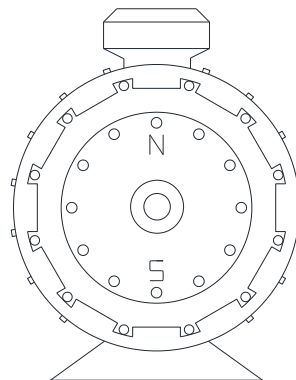
Motores Síncronos

En los motores síncronos, el rotor gira en sincronía con el campo magnético del estator, lo que significa que no existe deslizamiento (WEG, s.f.). Estos motores son ideales para aplicaciones que exigen de una velocidad constante, independientemente de la carga. Tienen un amplio rango de potencias por lo que se utilizan principalmente en la industria pesada o como generadores en centrales eléctricas (Wildi, 2005).

Motores con Polos Lisos

El rotor de estos motores es compacto y está diseñado para operar a altas velocidades, lo que los hace eficientes en aplicaciones de baja inercia. Es necesario un sistema de excitación que proporciona corriente continua al rotor para generar el campo magnético. Se usan como generadores en centrales térmicas y en plantas industriales que requieren sincronización con la red eléctrica (Pérez, 2014).

Figura 19. Motor síncrono de polos lisos

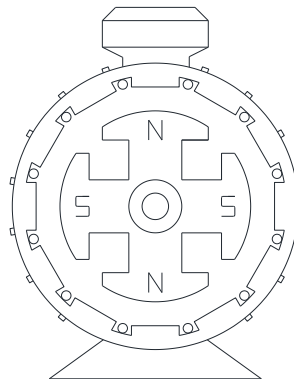


Motores con Polos Salientes

Estos motores tienen un rotor con polos sobresalientes, lo que los hace más adecuados para operaciones de baja velocidad y alta inercia. Diseñado para trabajar a bajas velocidades con

alta inercia y requiere un sistema de excitación externo para el rotor. Se utilizan en máquinas de papel, laminadores y otras aplicaciones donde la precisión y el control de la velocidad son esenciales (Bishop, 2015).

Figura 20. Motor síncrono de polos salientes



Motores con Imanes Permanentes

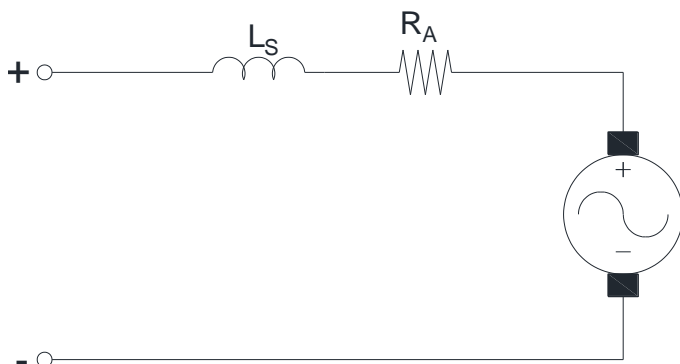
En estos motores, el rotor contiene imanes permanentes que eliminan la necesidad de un sistema de excitación externo, lo que los hace más eficientes y compactos. Sus emplean en vehículos eléctricos, sistemas de generación distribuida y maquinaria de precisión que requiere alta eficiencia y control directo de la velocidad (Fitzgerald, Kingsley, & Umans, 2006).

Motores universales

Esta clase de motores pueden alimentarse tanto con corriente alterna, como con corriente continua. Presentan un alto par al arrancar y pueden trabajar a grandes velocidades. Su construcción es similar a la de un motor de CC en serie, y también emplean un rotor bobinado, un colector y escobillas. Cabe aclarar que están diseñados para trabajar con fuentes de CA monofásicas. Cuando el motor se conecta a una fuente de CA, la corriente en el inductor y el inducido se invierte simultáneamente, lo que simula un flujo de corriente unidireccional, esta

misma característica es la que le permite trabajar con fuentes CC (Cabrera, 2018). Se utilizan en diversas herramientas eléctricas como taladros, pulidoras, sierras, y electrodomésticos como licuadoras, batidoras, etc.

Figura 21. Diagrama de motor universal



Conclusión

En conclusión, este documento ha proporcionado una guía general sobre los motores eléctricos, abarcando su clasificación y características más relevantes. Desde los motores de corriente continua, como los de imanes permanentes, hasta los motores trifásicos de corriente alterna utilizados en diversas aplicaciones industriales, el objetivo ha sido ofrecer un panorama claro y accesible.

A través de esta revisión, se ha facilitado la comprensión de los diferentes tipos de motores eléctricos y sus componentes fundamentales, lo que resulta valioso para quienes buscan una introducción al tema. Este enfoque no solo ayuda a identificar las opciones disponibles en el mercado, sino que también permite tomar decisiones informadas al seleccionar un motor que se adapte a necesidades específicas. En última instancia, esta guía aspira a ser un recurso útil para estudiantes, técnicos y profesionales que deseen familiarizarse con el funcionamiento y las aplicaciones de las máquinas eléctricas en su cotidianidad.

Recomendaciones

A partir de la revisión realizada en este documento, es fundamental establecer un estudio similar para máquinas eléctricas estáticas. Esta investigación proporcionaría una comprensión más completa de su funcionamiento y aplicaciones, así como la relación entre estas máquinas y los motores en términos de rendimiento y eficiencia.

Posteriormente, se destaca la importancia de realizar un estudio más profundizado sobre los motores trifásicos. Dada su creciente demanda en entornos industriales, sería conveniente explorar a fondo sus características, incluyendo eficiencia, rangos de potencia y aplicaciones específicas. Este análisis detallado permitirá a los profesionales del sector tomar decisiones más informadas, optimizando así el rendimiento de sus sistemas electromecánicos. Dentro de este enfoque, se sugiere llevar a cabo un análisis exhaustivo de los motores trifásicos de inducción con diferentes configuraciones de terminales (3, 6, 9 y 12). Evaluar cómo la configuración de terminales afecta el rendimiento del motor es crucial para determinar su aplicabilidad en diversas situaciones industriales. Adicionalmente, sería beneficioso realizar estudios experimentales que comparen el desempeño real de diferentes tipos de motores eléctricos, incluidos los de corriente continua y los trifásicos. Estas investigaciones permitirán establecer diferencias concretas en rendimiento, eficiencia y respuesta ante diversas condiciones de carga, contribuyendo a la optimización en la selección y uso de estos dispositivos.

Por último, el desarrollo de protocolos de mantenimiento específicos para cada tipo de motor garantizará no solo la prolongación de su vida útil, sino también la maximización de su rendimiento y la minimización de costos operativos.

Bibliografía bibliográfica

- Chapman, S. J. (2012). *Máquinas eléctricas* (5ª ed.). McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Guarnieri, M. (2018). *Revolving and evolving: Early DC machines [Historical]*. IEEE Industrial Electronics Magazine, 12(3), 38-43. <https://doi.org/10.1109/MIE.2018.2856546>
- Vázquez, M. A. (2018). *Diseño y análisis de máquinas eléctricas* (2ª ed.). Ediciones Universitarias.
- Alonso, R. (2015). *Máquinas eléctricas: teoría y práctica* (2ª ed.). Editorial Reverte.
- SKF. (2019). Rodamientos. SKF.
- Wildi, T. (2005). *Electrical machines, drives, and power systems* (6ª ed.). Pearson Education.
- Fitzgerald, A. E., Kingsley, C., & Umans, S. D. (2006). *Máquinas eléctricas* (6ta ed.). McGraw-Hill.
- Wagemakers, A., & Escribano Aparicio, F. J. (2018). *Introducción a la teoría de circuitos y máquinas eléctricas*. Dextra Editorial S.L.
- Manzano Orrego, J. J. (2014). *Máquinas eléctricas* (2ª ed.). Ediciones Paraninfo.
- Krause, P. C., & Krause, T. C. (2023). *Introduction to modern analysis of electric machines and drives* (1st ed.). Wiley-IEEE Press.
- Klempner, G., & Kerszenbaum, I. (2008). *Handbook of large turbo-generator operation and maintenance*. Wiley-IEEE Press.
- Moreno, P. (2021). *Máquinas eléctricas y su control* (2ª ed.). Editorial Síntesis.
- WEG. (s.f.). *Guía de especificación: Motores eléctricos*. WEG Motors. <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hf9/hcf/WEG-WMO-motores-electricos-guia-de-especificacion-50039910-brochure-spanish-web.pdf>
- Eremia, M., & Shahidehpour, M. (2013). *Synchronous generator and induction motor*. En *Handbook of electrical power system dynamics: Modeling, stability, and control* (pp. 9-135). IEEE, pp.9-135, doi: 10.1002/9781118516072.ch2.
- Torre, A. (2013). *Principios de máquinas eléctricas* (2ª ed.). Alfaomega.
- Hughes, A., & Drury, B. (2014). *Máquinas eléctricas y sus accionamientos* (4ta ed.). Reverté.
- Roldán Vilorio, J. (2010). *Motores trifásicos: Características, cálculos y aplicaciones* (1ª ed.). Paraninfo.
- Serrano, V., & García, G. (2001). *Electricidad y Magnetismo* (1ª ed.). Pearson.
- Bishop, R. H. (2015). *Máquinas eléctricas: análisis y diseño* (2da ed.). McGraw-Hill.
- Pérez, J. A. (2014). *Máquinas eléctricas y transformadores* (1ª ed.). Pearson Educación.
- Cabrera, G. (2018). *Fundamentos de máquinas eléctricas* (1ª ed.). Ediciones Pirámide.
- Ramírez, F. J. (2017). *Introducción a la teoría de máquinas eléctricas* (2ª ed.). Ediciones Universidad de La Laguna.
-

Cáceres, R., & Fernández, L. (2019). *Máquinas eléctricas: principios y aplicaciones* (1ª ed.). Ediciones de la Universidad Politécnica de Madrid.

González, J. (2020). *Fundamentos de máquinas y sistemas eléctricos* (1ª ed.). Ediciones de la Universidad de Zaragoza.