



**Universidad Tecnológica de Panamá**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Conversión de Energía I**

**“ Motores de inducción monofásicos y transformadores de potencia con sistemas auxiliares”**

<b>Estudiantes</b>	<b>C.I.P.</b>	<b>Direcciones:</b>
Allen Gamboa	6-724-639	allen.gamboa@utp.ac.pa
Fernando Guiraud	8-945-692	fernando.guiraud@utp.ac.pa
Jesús Medina	9-756-1993	jesus.medina2@utp.ac.pa

**Profesor:**  
Prof. Dr Edilberto Hall Mitre, Ph.D.

**Grupo: 4EE141**

**Fecha de Entrega: 17/6/2022**

## **Introducción**

Los transformadores de potencia generalmente se utilizan en la red de transmisión para aumentar o disminuir el nivel de voltaje. Funcionan principalmente durante cargas altas o pico y tiene la máxima eficiencia en o cerca de la carga completa. En este documento se presentarán los tipos, clasificaciones y sistemas auxiliares de operación de estos. Por otro lado, los motores de inducción monofásico son utilizados en diversas instalaciones, como industriales tanto residenciales en la cual la compañía de suministro provee un servicio ca monofásico. casi siempre hay necesidad que estos motores trabajen con suministro monofásico para impulsar diversos dispositivos electrodomésticos, pero estos motores solo poseen una fase, por lo tanto, su campo magnético no rota, en vez de esto, se pulsa con gran intensidad y después con menos intensidad, pero se mantiene en la misma dirección. Como estos no tiene un par de arranque se emplean diversos métodos y clasificación de estos motores en base a sus formas particulares de arranque, las cuales se presentarán más adelante y sus aplicaciones. También se presentarán algunos tipos y clasificación de motores especiales ca como de cc.

## **A1. El Transformador de Potencias y Sistemas auxiliares.**

### **I. Tipos y partes de los transformadores de potencia.**

- Tipos de transformadores. [1]
  - 1. Transformadores de tensiones y frecuencias diversas.
    - Transformadores de comunicación, II-16.
  - 2. Transformadores de protección.
    - Transformadores de media.
  - 3. Sistemas de tensiones.
    - Transformadores Monofásicos.
    - Transformadores Trifásicos.
    - Transformadores Trifásicos - hexafásicos.
    - Transformadores Trifásicos - dodecafásicos.
    - Trifásicos - monofásicos.

4. Aumento o disminución de tensión.
    - Transformadores Elevadores.
    - Transformadores Reductores.
  5. Según el ambiente de trabajo.
    - Transformadores de interior.
    - Transformadores de intemperie.
  6. Según el elemento refrigerante que requieran.
    - Transformador en seco.
    - Transformador en baño de aceite.
    - Transformador con Pyroleno.
  7. Según su refrigeración (Natural o no).
    - Transformadores con refrigeración natural.
    - Transformadores con refrigeración forzada.
- Partes de un transformador de potencia. [2]
8. Armazón o núcleo magnético.
    - Está elaborado con material magnético, el cual forma un circuito cerrado.
  9. Bornes de alta y baja presión.
    - Es donde se dan las conexiones entre las líneas de entrada y salida con el transformador. Están formadas por un material conductor y luego son recubiertos con un material aislante. Se distinguirá si es un borne de baja o alta tensión el tamaño y la cantidad de aislante que se utiliza como recubrimiento.
  10. Medio refrigerante.
    - Es el encargado de mantener la temperatura a un nivel aceptable al momento de que el transformador esté trabajando.
  11. Núcleo de material magnético.
    - Es el circuito magnético donde van enrollados los devanados y es donde se genera flujo magnético.
  12. Boquillas terminales.
    - Su función es atravesar un conductor de alta tensión, utilizando una superficie aterrizada.

### 13. Devanados.

Existen dos tipos de devanados:

- **Devanado primario:** Es aquel que está conectado a la fuente de energía y es el encargado de llevar corriente alterna por las líneas de suministro.
- **Devanado secundario:** Es el encargado de llevar energía a la carga y es donde se genera la fuerza electromotriz.

### 14. Bobinas.

- Son alambres elaborados de material magnético (cobre), que van enrollados en partes del núcleo.

### 15. Tanque o cubierto.

- Es una caja en forma rectangular, que se encuentra seccionada en dos compartimentos, uno tiene la serie de núcleo o bobinas, y el otro posee las conexiones y terminales de los cables.

### 16. Cambiador de taps.

- Cambia la razón de transformación en el transformador.

### 17. Tablero de control.

- Posee las conexiones eléctricas para el control.

## II. Tipos de protecciones de los transformadores de potencia.

- **Relé Bucholtz:** Detecta burbujas de gas causadas por cortocircuitos entre espiras, o pequeñas fallas a tierra.
- **Relé Nivel de aceite:** Posee dos valores de ajuste, el primero da alarma y el segundo envía disparo al interruptor primario, sacando de servicio al transformador.
- **Relé de medición de temperatura:** Mide los valores del aceite del transformador, este posee dos niveles de ajustes, el primero da alarma al llegar el aceite a los 80°C y da disparo al llegar el aceite a los 90°C.
- **Relé de sobrepresión:** Es el dispositivo mecánico que regula el aumento de presión que genera el transformador.

SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN	SÍMBOLOS
Transformador seco con refrigeración natural por aire	AN
Transformador seco con refrigeración forzada por aire	AF
Transformador seco con envolvente metálica y refrigeración natural por aire	ANAN
Transformador seco con envolvente metálica y ventilación forzada por aire	ANAF
Transformador con circulación natural de aceite y aire	ONAN
Transformador con circulación natural de aceite y ventilación forzada por aire	ONAF
Transformador con circulación forzada de aceite y agua	OFWF
Transformador con circulación forzada de aceite y aire	OFAF
Transformador con circulación dirigida de aceite y ventilación forzada	ODAF

*Tabla 1: Diagrama de conexión de un transformador de Potencia. [5]*

### III. Tipos de sistemas de enfriamiento de transformadores de potencia (El transformador potencial, 2020).

Los transformadores están elaborados para trabajar con una determinada carga y pérdida generada por la potencia, el cual está calculada y controlada. El aumento de la potencia o fallas en el equipo pueden llegar a incrementar la carga, con lo cual, incrementarán las pérdidas y por consiguiente la temperatura.

- **Sistemas de refrigeración TIPO AN.**
  1. Es conocido también como método de auto – enfriamiento, debido a que el calor generado es regulado por la circulación natural del aire. Es utilizado en transformadores de hasta 1.5 MVA de potencia nominal.
- **Sistemas de refrigeración TIPO AF.**
  2. Es también conocido como regulación de aire forzado, puesto que consiste en utilizar ventiladores para hacer circular el aire por los devanados y el núcleo del transformador, siendo activados por sensores que monitorean las temperaturas internas. Es utilizado en transformadores de hasta 15 MVA.
- **Sistemas de refrigeración TIPO ANAN y ANAF.**
  3. Utilizan la ventilación de los métodos de tipo AF Y AN, con la diferencia de que estos son cubiertos de material metálico para su protección.
- **Sistemas de refrigeración TIPO ONAN.**
  4. Este método regula la temperatura del transformador por medio del movimiento del aceite hacia arriba debido al aumento de temperatura, al moverse por el tanque se enfría y vuelve a bajar al núcleo del transformador. Es utilizado en transformadores menores a 30 MVA.

- **Sistemas de refrigeración tipo ONAF.**
  5. Al igual que el sistema ONAN, este sistema refrigera por el movimiento natural del aceite, con la diferencia de que, en este caso, también se emplean ventiladores de aire externos para enfriar las aletas del transformador.
- **Sistemas de refrigeración TIPO OFAF.**
  6. En este caso, tanto el aire como el aceite es forzado por una bomba que permite circular el aceite caliente por un modulador de calor, de igual forma lleva el aire de los ventiladores a alta velocidad hacia un modulador de calor.
- **Sistemas de refrigeración TIPO ONWF.**
  7. Este sistema necesita la circulación de aceite natural y agua forzada, mediante la convención, el aceite se traslada hacia un radiador de agua, el cual enfría el aceite y vuelve a circular.
- **Sistemas de refrigeración TIPO OFWF.**

En este caso, se utilizan bombas tanto para el agua como para el aceite. Son utilizados principalmente en centrales hidroeléctricas con transformadores de alta capacidad o en un banco de transformadores.

#### IV. Transformadores de instrumento.

- Transformadores de Potencial (PT's).
  1. Estos transformadores son utilizados para reducir el voltaje de un sistema de energía a un nivel mas bajo para facilitar la medición por medio de una pequeña clasificación de voltímetro, es decir, 110/120 voltios.

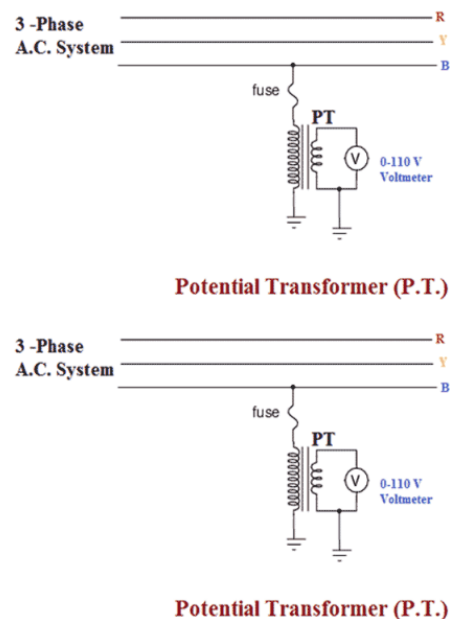


Figura 1: Diagrama de conexión de un transformador de Potencia. [7]

- Transformadores de corriente (CT's).
  2. En este caso, el transformador de corriente al igual que el transformador de voltaje, es utilizado para reducir los niveles de corriente para que sea mas factible medirla con un amperímetro de pequeña potencia.

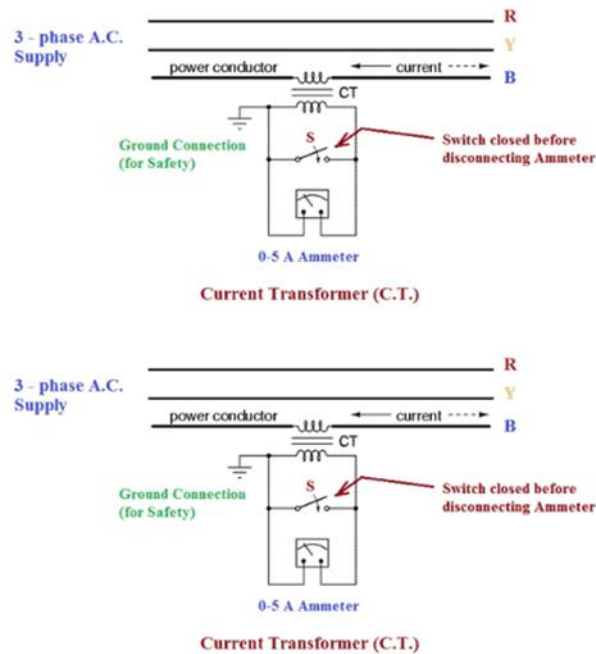


Figura 2: Diagrama de conexión de un transformador de corriente. [8]

Transformador de corriente (C.T.)	Transformador de potencial (P.T.)
Conectado en serie con el circuito de energía	Conectado en paralelo con el circuito de energía.
La secundaria está conectada al amperímetro	La secundaria está conectada al voltímetro.
La secundaria funciona casi en cortocircuito	La secundaria funciona casi en condiciones de circuito abierto.
La corriente primaria depende de la corriente del circuito de energía	La corriente primaria depende de la carga secundaria.
La corriente primaria y la excitación varían en un amplio rango con el cambio de la corriente del circuito de energía.	La variación de la corriente primaria y de la excitación está restringida a un rango pequeño.
Un terminal del secundario está conectado a tierra para evitar que el aislamiento se rompa.	Una terminal de secundaria puede ser conectada a tierra por seguridad.
La secundaria nunca se puede abrir en circuito abierto	La secundaria puede ser usada en condiciones de circuito abierto.

Tabla 2: Diferencia de un Transformador de potencia y un transformador de corriente. [9]

## V. Sistemas de puesta a tierra para transformadores de potencia

La puesta a tierra del sistema se puede clasificar atendiendo a la naturaleza del circuito que conecta el neutro del sistema a tierra[10]:

- **Neutro aislado (ungrounded):** son aquellos que están operados sin una conexión intencional del neutro a tierra. Esto quiere decir que en realidad están puestos a tierra a través de las capacidades a tierra de los elementos del sistema.

Ventajas:

1. La primera falta a tierra solo causa una pequeña circulación de corriente capacitiva, por lo que se puede operar el sistema sin afectar a la continuidad del suministro.
2. No es necesario invertir en equipamiento para la puesta a tierra. Si para el sistema de protección.

Desventajas:

1. Mayor coste de aislamiento de los equipos a tierra. Una falta provoca que las fases sanas se pongan a tensión compuesta respecto a tierra.
2. Mayores posibilidades de sobretensiones transitorias por faltas con arco, resonancias y ferroresonancias, etc.

- **Neutro rígido a tierra (solid grounding):** Son aquellos que están operados con una conexión directa del neutro a tierra.

Ventajas:

1. Facilidad de detección y localización de las faltas a tierra
2. Limitación de las sobretensiones por faltas a tierra y transitorias por maniobras y rayos.

Desventajas:

1. Faltas a tierra más energéticas. Se requieren protecciones de alta velocidad para limitar los efectos térmicos y mecánicos sobre los equipos.



- **Neutro impedante (impedance grounding):**
  1. **Puesta a tierra con resistencia (reactance grounding):** Son aquellos que están operados con una conexión del neutro a tierra a través de una resistencia.
  2. **Puesta a tierra con reactancia (resistance grounding):** Son aquellos que están operados con una conexión del neutro a tierra a través de una reactancia de valor fijo.
  3. **Puesta a tierra resonante (ground fault neutralizer):** Son aquellos que están operados con una conexión del neutro a tierra a través de una reactancia de valor variable, denominada bobina Petersen. El coeficiente de inducción de la bobina se ajusta para que resuene con la capacidad a tierra del sistema, de forma que, para una falta a tierra, la corriente de falta queda reducida a un pequeño valor resistivo.

## **VI. Pararrayos (Surge arrester)**

Los pararrayos son instrumentos, cuyo origen se remonta a 1753 gracias a Benjamin Franklin, que tienen como objetivo evitar que un rayo ionizado del aire cause daños a las personas o construcciones atrayendo la descarga hacia tierra, impidiendo de esta manera que impacte directamente contra ellos [11].

Existe diferentes tipos de pararrayos permitiendo garantizar la protección contra el rayo en las estructuras [12]:

- **Pararrayos de barra simples:** Se compone de una punta metálica aguzada, con altura de 2 a 8 metros arriba de la estructura que debe ser protegida. Este pararrayos está conectado a 2 conductores de bajada mínimo, y dos tomas de tierra. El radio de protección de este tipo de pararrayos se limita a 30 m más o menos (Nivel de protección IV, altura = 60 metros). Se utilizan específicamente en pequeñas estructuras o zonas como torres, chimeneas, tanques, torres de agua y mástiles de antenas.
- **Pararrayos con jaula de Faraday:** Se compone de una malla, en el tejado y en la fachada, acercando la estructura a proteger. En el tejado, se instalan puntas captadoras en los bordes del tejado y en los puntos altos. Se instala una red de conductores en el perímetro exterior del tejado.
- **Pararrayos de hilos armados:** Es un sistema un poco similar a la jaula Faraday, porque se constituye de una malla de conductores distantes de la estructura a proteger,

por objetivo de evitar que el corriente del rayo sea en contacto con la estructura. Estos se instalan por encima de la estructura a proteger, conectados a conductores de bajada y tomas de tierras específicas.

- **Pararrayos con dispositivo de cebado (PDC):** Es un pararrayos que permite generar de forma artificial (con un dispositivo de ionización) un trazador ascendiente más temprano que un pararrayos de barra simple, y así, establecer un punto de impacto específico en la punta. La captura del impacto del rayo está más rápida que con un pararrayos de barra simple. Esta tecnología permite beneficiar de zonas de protección más largas, garantizando la protección de estructuras con dimensiones importantes.

## A2. El Motor de Inducción Monofásico y Motores Especiales

### I. Motor monofásico de inducción

En su forma básica un motor monofásico de inducción consiste en una máquina asíncrona de jaula de ardilla cuyo devanado del estator es monofásico[13].

- **Devanados de fase partida:** En la Figura 1 se muestra el esquema de conexiones de un motor de fase partida normal. El estator posee dos embobinados, el principal y el auxiliar. Este último se energiza sólo durante el período de puesta en marcha: cuando el motor alcanza una velocidad de 75 a 80% de la de sincronismo, un interruptor centrífugo se abre desconectando el embobinado auxiliar. En la Figura 2 puede verse la característica típica de torque-velocidad de estos motores, funcionando con embobinado auxiliar y sin éste.

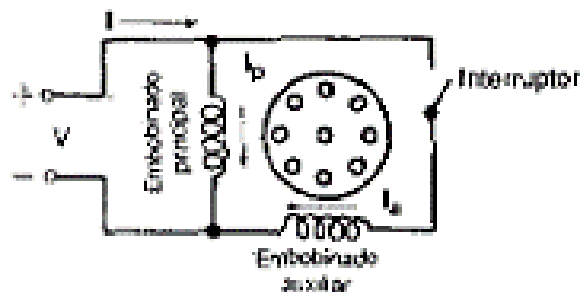


Figura 3. Esquema de conexiones.

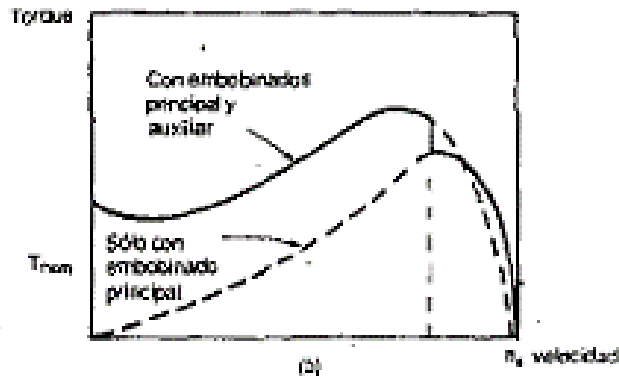


Figura 4. Característica Torque-Velocidad

Como el embobinado principal permanece energizado durante el funcionamiento, se construye con alambre de mayor calibre; con el fin de lograr un torque grande, puesto que el torque es proporcional al flujo concatenado, el embobinado se construye con un número de vueltas grande.

- **Devanados tipo capacitor:** Este motor monofásico de corriente alterna cuyo rango va de fracciones de 1 HP hasta 15 HP., se usan ampliamente con muchas aplicaciones de tipo monofásico tales como accionamiento a máquinas y herramientas como pueden ser taladros, pulidoras, motobombas, etc. Este motor es similar en su construcción al de fase partida, excepto que se conecta un capacitor en serie con su devanado de arranque. Los motores de arranque con capacitor están equipados también como los de fase partida, con devanado de trabajo y arranque, pero el motor tiene un condensador (capacitor), que permite tener mayor par de arranque. El capacitor se conecta en serie con el devanado de arranque y el switch o interruptor centrífugo [14].

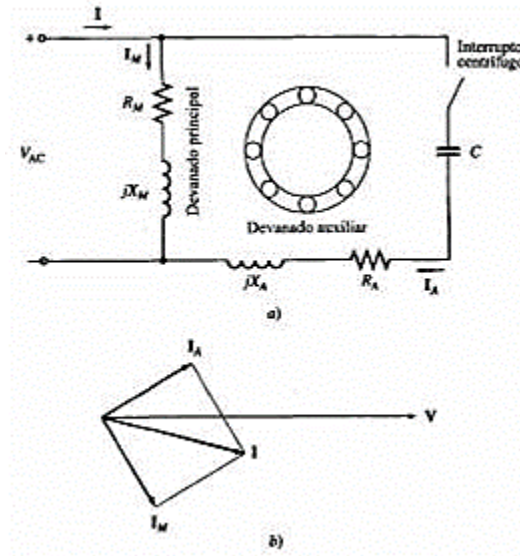


Figura 5. Motor de arranque por capacitor (a) esquemático (b) desfase de corrientes

## ○ Polos de estator sombreados

### 1. Partes de un motor de polos de sombra (Figura 6)

- El estator: está formado por un núcleo de chapas magnéticas. Entre la cara del polo tiene incrustadas las espiras en corto circuito, y sobre el núcleo la bobina polar inductora.
- El rotor: es del tipo de jaula de ardilla.
- Espiras de Frager: son espiras de cobre en cortocircuito, colocadas a 180°.

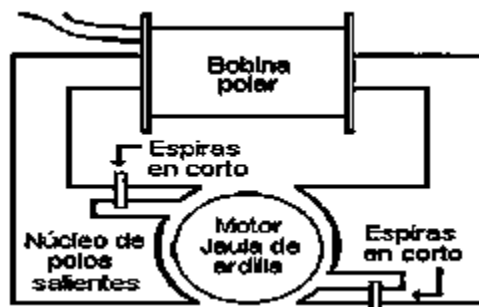


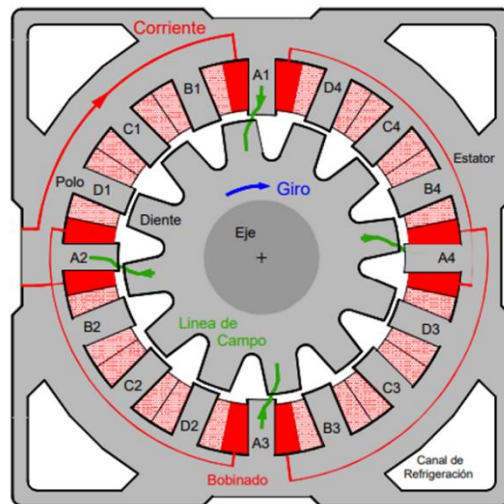
Figura 6. Partes de un motor de polos de sombra

## II. Motor de reluctancia

El principio de funcionamiento del motor de reluctancia conmutado consiste en un eje de hierro que puede girar apoyado sobre unos rodamientos, o también los dientes de un rotor de hierro, se orientan en un campo magnético producido gracias a una corriente eléctrica en los

polos del estator. Mediante una determinada conmutación del campo magnético se conseguirá un movimiento rotatorio del núcleo de hierro. En el caso de que este rotor posea más dientes, se puede comparar su forma a la de una rueda dentada de gran espesor.

La siguiente figura muestra la foto del rotor, cuyos dientes poseen una cierta inclinación a fin de minimizar la emisión de ruido [15].



*Figura 7. Sección transversal de un motor de reluctancia conmutado*

La siguiente figura muestra la foto del rotor, cuyos dientes poseen una cierta inclinación a fin de minimizar la emisión de ruido.



*Figura 8. Rotor de un motor de reluctancia conmutado*

La regulación de la velocidad del motor de reluctancia conmutado ha sido desarrollada siguiendo una técnica habitual en el campo de la tracción eléctrica, y optimizada para la

eliminación de perturbaciones en la velocidad. Un regulador asegura que para un salto nominal en el número de revoluciones, apenas aparecerán sobreoscilaciones en el valor real de las revoluciones. En la figura 4 está representado el comportamiento del motor durante la aceleración hasta la velocidad nominal.

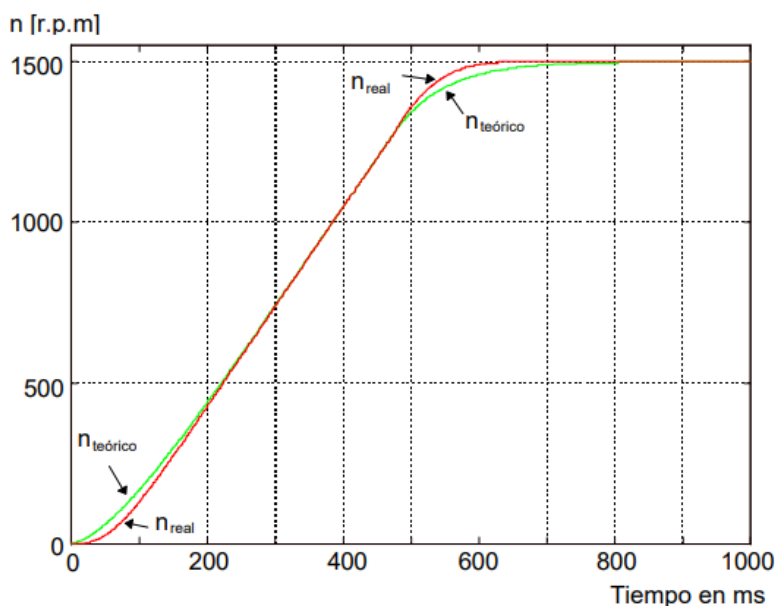
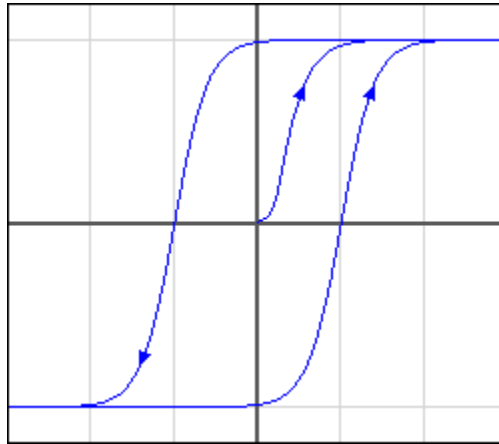


Figura 9. Aceleración desde reposo hasta velocidad nominal.

La regulación de la velocidad del motor de reluctancia conmutado ha sido desarrollada siguiendo una técnica habitual en el campo de la tracción eléctrica, y optimizada para la eliminación de perturbaciones en la velocidad.

### III. Motor de histéresis

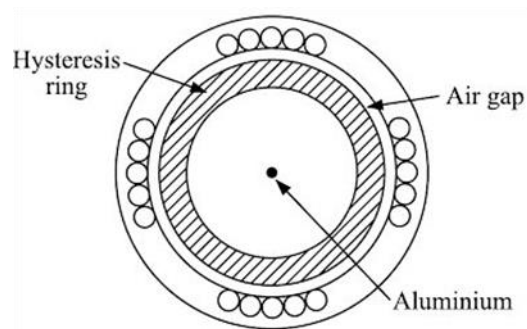
En los materiales ferromagnéticos se produce un efecto conocido como histéresis. Tal efecto es aquel que permite tener un campo magnético presente en el material después de apagar la fuente de magnetización externa. Cuando se deja de magnetizar el material, el flujo magnético inducido decrementa mucho más lento de lo que se requirió para magnetizarle [17]. Este comportamiento se puede ver por la curva de histéresis.



*Figura 10. Curva histéresis de un material ferromagnético*

Aprovechar el fenómeno de la histéresis es el objetivo del motor de histéresis que lo logra creando un par mecánico a través de su fuerza coercitiva. Cuando este motor opera por debajo de su velocidad síncrona el campo del rotor se encuentra en atraso con el campo magnético del estator presentando así dos fuentes de pares, una de estas es el par por corrientes parásitas en el rotor y la otra es el par por histéresis. Cuando se alcanza la velocidad síncrona en el motor entonces el flujo del estator será como un imán permanente y el par se verá limitado por la histéresis en el rotor [19].

El motor tiene un estator diseñado para albergar un devanado principal y un devanado auxiliar en el caso de ser monofásico. [16] El material con el que se diseña el rotor es de alta propiedad de pérdida por histéresis y no cuenta con ningún tipo de devanado ni dientes. También cuentan con una bobina de sombreado y un eje.



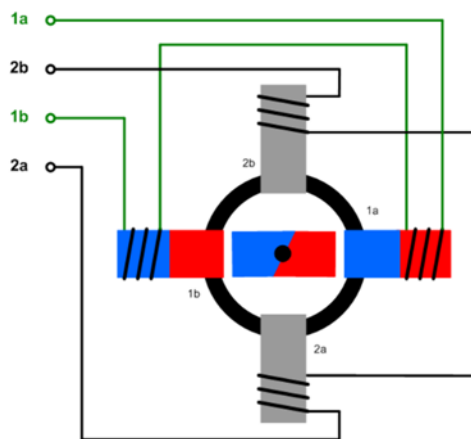
*Figura 2. Diagrama esquemático de un motor de histéresis*

Se puede utilizar cuando es de suma importancia evitar las vibraciones mecánicas. [18] Siendo uno de los motores más ineficientes y con una baja producción de torque su aplicación se ve muy limitada a equipos de grabación y producción de sonido, además de encontrarse en dispositivos de tiempo o relojes.

#### IV. Motor de movimiento de paso a paso (Stepper Motor)

Es un motor síncrono diseñado para que su rotación se vea limitada por un número específico de grados. Para lograr su principal característica se deben tener cierta cantidad de polos en el estator por el que se podrá definir la cantidad de grados en la que realizará su rotación [19]. Tomando en cuenta lo anterior un motor con cuatro polos tendrá un movimiento de rotación de  $90^\circ$ . Cuando el motor deja de moverse es porque el rotor se ha alineado con el campo magnético del estator teniendo así un par igual a cero.

De forma básica el estator es un conjunto de electroimanes que se montan de forma específica para obtener la rotación deseada, a través de un rotor que sigue los campos generados y se encuentra montado en un eje. Estos motores no cuentan con escobillas y trabajan con corriente continua [20].



*Figura 3. Diagrama de un motor paso a paso*

Con este motor se puede tener un excelente control de la velocidad de rotación y el posicionamiento del rotor. Por estas características son muy útiles en sistemas de control y posicionamiento donde se requiera un par muy alto a bajas velocidades.



## V. Motor DC sin escobillas (Brushless DC Motor)

En muchos casos se requiere utilizar un motor que sea potenciado por una fuente CD y que también sea pequeño. El más común es el Motor CD con escobillas, pero estos motores traen la desventaja que cuando son muy compactos generan chispas y vibraciones [19]. La eliminación de las escobillas son la solución de estos problemas y es ahí donde entra el motor CD sin escobillas.

Este motor tiene los electroimanes en el estator y el imán permanente en el rotor. Se puede generar el par en el motor encendiendo y apagando las distintas fases de los electroimanes en el estator [21]. Como es de esperarse no tiene escobillas ni conmutadores. Debe contar con tres o más fases en el estator para poder generar el par que sea necesario. Muchos de estos motores cuentan con sensores de posición del rotor y un circuito que controla las fases del devanado del rotor.



*Figura 4. Motor CD sin escobillas*

Estos motores tienden a ser mucho más eficientes y con una vida útil muy larga porque se elimina la fricción por las escobillas. El mantenimiento que se requiere darle es muy poco y a veces tiende a ser innecesario. Sus únicas desventajas es que son muy caros y no se pueden arrancar sin un controlador para motores CD.

Son muy utilizados en los equipos de automatización, en equipos de medicina, automóviles de combustión interna y eléctricos, y en otros equipos como aeroespaciales o satélites. La ventaja de su uso se observa mejor en la tabla 1 donde se compara con los motores con escobillas.

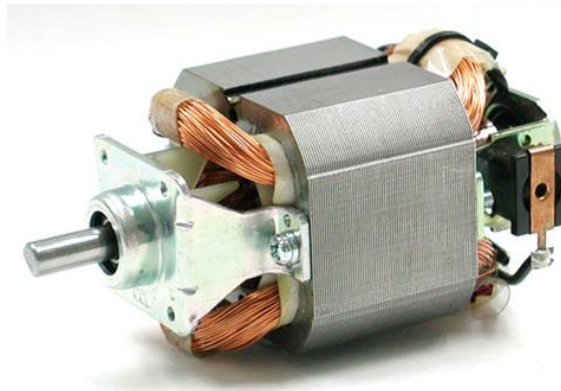
	<b>Motor BLDC</b>	<b>Motor con escobillas</b>
Conmutación	Conmutación electrónica basada en sensores de posición de efecto Hall	Conmutación por escobillas
Mantenimiento	Mínimo	Periódico
Durabilidad	Mayor	Menor
Curva Velocidad / par	Plana. Operación a todas las velocidades con la carga definida	Moderada. A altas velocidades la fricción de las escobillas se incrementa, reduciendo el par.
Eficiencia	Alta. Sin caída de tensión por las escobillas.	Moderada
Potencia de salida / Tamaño	Alta. Menor tamaño debido a mejores características térmicas porque los bobinados están en el estator, que al estar en la carcasa tiene una mejor disipación de calor.	Baja. El calor producido en la armadura es disipado en el interior aumentando la temperatura y limitando las características.
Inercia del rotor	Baja. Debido a los imanes permanentes en el rotor	Alta. Limita las características dinámicas.
Rango de velocidad	Alto. Sin limitaciones mecánicas impuestas por escobillas/conmutador.	Bajo. El límite lo imponen principalmente las escobillas.
Ruido eléctrico generado	Bajo	Arcos en las escobillas
Coste de construcción	Alto. Debido a los imanes permanentes	Bajo.
Control	Complejo y caro	Simple y barato.
Requisitos de control	Un controlador es requerido siempre para mantener el motor funcionando. El mismo puede usarse para variar la velocidad.	No se requiere control si no se requiere una variación de velocidad.

*Tabla 1. Motor sin escobillas vs motor con escobillas*

## **VI. Motor universal**

Este motor es capaz de trabajar con corriente directa y alterna utilizando el principio de Laplace para su funcionamiento [22]. Una característica importante es que, comparado con corriente directa, a un mismo voltaje, entregará menos potencia cuando es corriente alterna.

Se compone de unas bobinas inductoras conocidas como campos inductores. Una armadura o inducido que es el rotor bobinado. Las escobillas están fabricadas de carbón y son fijadas por unos resortes que las presionan mecánicamente. Los escudos o tapas tienen como objetivo sujetar el eje [23].



*Figura 5. Foto de un motor universal*

Este motor es muy empleado en máquinas como los taladros, sierras eléctricas o batidoras. Es muy utilizado en la industria de los electrodomésticos y en equipos portátiles. Están presentes en esas máquinas que requieran una gran velocidad de giro pero que tienen pequeñas cargas [24].

## **VII. Motor lineal**

Es un motor que está hecho para producir grandes fuerzas a velocidades muy bajas. Son una clase de servomotor síncronos sin escobillas y es que su diseño se basa puramente en la fuerza y no en la potencia.

Mediante la interacción electromagnética entre un ensamblaje con una bobina que es la parte primaria y otro ensamblaje con un imán permanente que es la parte secundaria, la energía eléctrica es convertida en energía lineal mecánica con un alto nivel de eficiencia [25].

Este motor es fabricado sin carcasas, ni rodamientos o sistemas que midan la posición. Su parte móvil se acopla directamente a la carga de la máquina. Este contacto mecánico evita el desgaste y también el mantenimiento.

Existen variantes de este motor como el motor lineal de inducción, motor lineal síncrono, motor lineal homopolar y motor lineal pozo eléctrico [26]. Sus principales aplicaciones se encuentran en CNC, máquinas de corte láser, sistemas de automatización, etc.

## **Conclusiones**

Los transformadores son equipos que manejan grandes potencias por lo que no solo necesitan devanados rigurosos, sino que deben contar con sistemas de protección y refrigeración que permiten extender su vida útil. Estos equipos de protección no necesariamente deben ser parte del transformador, sino que pueden estar en diversos puntos de la línea de transmisión cerca de los transformadores.

En cuanto a los motores eléctricos, pueden ser para diferentes usos según la forma en la que estén diseñados. Un motor como los descritos pueden tener un sólo propósito y algunos tienen

la posibilidad de ser mucho más útiles en diversas áreas. Así vimos también que hay motores que aprovechan otros fenómenos a parte de la inducción como en el caso de los motores de histéresis.

## Referencia

### [1] Tipos de transformadores

- E.O Ras, Transformadores de potencia, de medida y de protección. 7<sup>a</sup> Edición renovada. Universidad Politécnica de Barcelona: MARCOMBO, S.A, 1994.

### [2] Partes de un transformador

- M. Blas Vega, “Partes de un transformador de potencia y su funcionamiento”, Trabajo de fin de curso, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2020.

### [3] Protecciones de un transformador de potencia.

- N. Sirabonian (2004, 12, 25). IE-10 PROTECCIONES (1<sup>a</sup> edición). [Online]. Disponible: IE-10pro - PROTECCIONES (unlp.edu.ar).

### [4] Tipos de sistemas de enfriamiento.

- O. Electric (2021, 05, 28). Sistemas de refrigeración para transformadores. [Online]. Disponible: [https://transformadoressiosac.com/sistemas-de-refrigeracion-para-transformadores/#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20se%20clasifican%20los%20sistemas,mineral%20\(l%20m%C3%A1s%20comunes\).](https://transformadoressiosac.com/sistemas-de-refrigeracion-para-transformadores/#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20se%20clasifican%20los%20sistemas,mineral%20(l%20m%C3%A1s%20comunes).)

### [5] Tipos de sistemas de enfriamiento. (Cuadro 1.1).

- O. Electric (2021, 05, 28). Sistemas de refrigeración para transformadores. [Online]. Disponible: [https://transformadoressiosac.com/sistemas-de-refrigeracion-para-transformadores/#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20se%20clasifican%20los%20sistemas,mineral%20\(l%20m%C3%A1s%20comunes\).](https://transformadoressiosac.com/sistemas-de-refrigeracion-para-transformadores/#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20se%20clasifican%20los%20sistemas,mineral%20(l%20m%C3%A1s%20comunes).) [Último acceso: 12 junio 2022].

### [6] Transformadores de instrumento.

- E. Fácil Top (2020, 05, 07). Transformadores de instrumentos: ¿Qué es? (y sus ventajas). [En línea]. Disponible: <https://www.electronicafacil.top/transformador/transformador-instrumental/transformadores-de-instrumentos-que-es-y-sus-ventajas/>.

[7] Transformadores de instrumento. (Imagen 1.2).

- E. Fácil, «Electrónica Fácil Top,» 7 abril 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.electronicafacil.top/transformador/transformador-instrumental/transformadores-de-instrumentos-que-es-y-sus-ventajas/>. [Último acceso: 10 junio 2022].

[8] Transformadores de instrumento. (Imagen 1.2).

- E. Fácil, «Electrónica Fácil Top,» 7 abril 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.electronicafacil.top/transformador/transformador-instrumental/transformadores-de-instrumentos-que-es-y-sus-ventajas/>. [Último acceso: 10 junio 2022].

[9] Transformadores de instrumento. (Cuadro 1.2)

- E. Fácil Top (2020, 05, 07). Transformadores de instrumentos: ¿Qué es? (y sus ventajas). [En línea]. Disponible: <https://www.electronicafacil.top/transformador/transformador-instrumental/transformadores-de-instrumentos-que-es-y-sus-ventajas/>. [Último acceso: 13 junio 2022].

[10] Proyectos electricidad. (2007). *Tema 7: Puesta a tierra*. Obtenido de <https://electricistas.webcindario.com/Electricidad%20-%20Tema%207%20Puesta%20A%20Tierra%20Del%20Sistema.pdf>

[11] elEconomista.es. (20 de Febrero de 2019). *Cómo funciona un pararrayos: ¿lo necesito en mi casa o empresa?* Obtenido de <https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/9713124/02/19/Como-funciona-un-pararrayos-lo-necesito-en-mi-casa-o-empresa.html>

[12] Atonnerres, F. P. (27 de Noviembre de 2012). *¿Cuáles son los diferentes pararrayos?* Obtenido de <https://ioniflash.com/es/faq-items/cuales-los-diferentes-pararrayos/>

- [13] *El transformador de corriente*. (20 de 10 de 2019). Obtenido de es.wikipedia.org:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador\\_de\\_corriente](https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador_de_corriente)
- [14] *El transformador potencial*. (02 de 2020). Obtenido de electromundo.pro:  
<https://electromundo.pro/tipos-de-transformadores-de-potencia/>
- [15] Wolff, J., & Gómez, G. (1997). El motor de reluctancia conmutado-Un motor eléctrico con gran par motor y poco volumen. *Energía*, (4), 113-115.
- [16] Monografias.com. 2022. Motor de histéresis (página 2) . [en línea] Disponible en:  
<<https://www.monografias.com/trabajos51/motor-histeresis/motor-histeresis2>> [Consultado el 2 de junio de 2022].
- [17] IMA. 2022. ¿Qué es la histéresis de los productos magnéticos? - Blog - IMA . [en línea] Disponible en: <<https://imamagnets.com/blog/que-es-la-histeresis/>> [Consultado el 14 de junio de 2022].
- [18] RIVERGLENNAPTS. 2022. Motor de histéresis . [en línea] Disponible en:  
<<https://riverglennapts.com/es/drives/322-hysteresis-motor.html>> [Consultado el 14 de junio de 2022].
- [19] Chapman, S., 2022. Máquinas eléctricas . 5ª ed. Nueva York, págs. 437-445.
- [20] me.eu. 2022. Motor paso a paso – tipos y ejemplos del uso de motores paso a paso | Distribuidor de componentes electronicos. Tienda en línea: Transfer Multisort Elektronik . [en línea] Disponible en: <<https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/41861/Motor-paso-a-paso-tipos-y-ejemplos-del-uso-de-motores-paso-a-paso/#:~:text=El%20motor%20paso%20a%20paso,eje%20cada%201%2C8%C2%B0.>>> [Consultado el 14 de junio de 2022].
- [21] 2022. Teoría de motores sin escobillas: cómo funcionan los motores BLDC . [online] Disponible en: <<https://www.zikodrive.com/es/apoyo/zikouniversity-motor-control-teoria-aplicacion/teoria-del-motor-sin-escobillas-como-funcionan-los-motores-bldc-y-que-factores-afectan-su-rendimiento/>> [Consultado el 14 de junio de 2022].
- [22] Ecured.cu. 2022. Motor universal - EcuRed . [en línea] Disponible en: <[https://www.ecured.cu/Motor\\_universal](https://www.ecured.cu/Motor_universal)> [Consultado el 17 de junio de 2022].

[23] Electrónica Unicrom. 2022. Motor eléctrico Universal - Constitución, funcionamiento, velocidad - Electrónica Unicrom . [en línea] Disponible en: <<https://unicrom.com/motor-universal-funcionamiento-velocidad/>> [Consultado el 17 de junio de 2022].

[24] Demotor.net. 2022. Motor universal, tipos, características y funcionamiento . [en línea] Disponible en: <<https://demotor.net/motores-electricos/motor-universal>> [Consultado el 17 de junio de 2022].

[25] Principal, P., lineales, M. y lineal?, ¿., 2022. Principio . [en línea] Etel.ch. Disponible en: <<https://www.etel.ch/es/motores-lineales/principio/>> [Consultado el 17 de junio de 2022].

[26] Demotor.net. 2022. ¿Qué es un motor lineal? Usos, ejemplos y tipos . [en línea] Disponible en: <<https://demotor.net/motores-electricos/tipos/motor-lineal>> [Consultado el 17 de junio de 2022].