

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Reparación de una Bicicleta Eléctrica  
Proyecto Técnico**

**Jaime Fernando Burbano Ortiz**

**Electromecánica Automotriz**

Trabajo de titulación como requisito previo la obtención del título de  
licenciado en Electromecánica Automotriz

**Quito, 18 de mayo de 2018**

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Reparación de una Bicicleta Eléctrica**

**Jaime Fernando Burbano Ortiz**

**Calificación:**

**Nombre del profesor, título académico:**

**Gonzalo Tayupanta, MSC**

**Firma:**

-----

**Quito, 18 de mayo de 2018**

**© Derechos de Autor**

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombre: Jaime Fernando Burbano Ortiz

Código de estudiante: 00072487

C. I.: 1714284633

Lugar, Fecha Quito , 18 de mayo de 2018

## **DEDICATORIA**

A mis padres por su apoyo y sobretodo comprensión, a mi hija quién es el motor eléctrico de mi vida, a mi querida familia y a mis amigos por apoyarme en las buenas y malas decisiones.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad San Francisco de Quito, que me abrió las puertas para formarme como profesional, a los directivos y profesores que día a día supieron impartir con profesionalismo sus conocimientos.

A mi tutor Ing. Gonzalo Tayupant, Msc. quien durante todo el proyecto supo guiarme de la mejor manera para lograr los objetivos planteados.

## Resumen

Los motores eléctricos son mecanismos que transforman la energía eléctrica en mecánica mediante el uso de campos magnéticos, en todos los ámbitos de la vida podemos encontrar muchos dispositivos o equipos que emplean motores eléctricos de varios modelos tamaños y capacidades para realizar un trabajo específico.

La fuente de energía fundamental de un motor es la corriente, esta puede ser corriente alterna AC o corriente directa DC de ahí su derivación en modelos usos y tamaños.

En nuestra vida cotidiana los motores eléctricos están instalados en infinidad de equipos y aparatos electrodomésticos de uso diario como; ventiladores, taladros, secadores de cabellos, vehículos e incluso en pequeños relojes de mano.

En el capítulo 1, se inicia con una breve descripción de la historia del motor eléctrico, el principio de funcionamiento y la constitución básica de un motor eléctrico conceptos y términos básicos de electricidad.

En el capítulo 2, nos enfocaremos en los tipos de motores AC y DC, y los sub tipos de motores que existen de acuerdo al tipo de alimentación.

En el capítulo 3, inicia con la historia y creación de la bicicleta eléctrica y el desarrollo del proyecto de la reconstrucción y el armado de toda la unidad, se expone los nuevos elementos y componentes que tuvieron que ser reemplazados para el culminar el proyecto.

## Abstract

It is necessary to know that, at present, the need to look for new forms, methods and tools of transport has spread worldwide, considering factors such as the care of the environment, the emission standards of gases and also the great importance of being transported in an easy and without complications, so the electric propulsion systems is an option, which has generated a process of change in the traditional way of transport to combustion.

Worldwide, "there is a boom in the research of electric mobility, although it is well known that the fundamental concepts of electric mobility are already proven and in a certain sense mature technologies" (Díez, 2013), in this instance, each new and more varied ways of potentiating the advantages of electric motors are being sought, in addition to knowing that these are "electrical machines that transform the electrical energy absorbed by their terminals into mechanical energy" (Grupo Sas, 2011), thus one of the means of transport that can be proposed to implement this type of engines are bicycles, to make them more powerful than when they are manual, also with this great need to look for other forms of mobility, resulting in knowledge acquired in such a way that, analyze and propose certain ways to repair an electric bicycle based on different tests that will generate a feedback process, to then translate them in written form.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA -----	4
AGRADECIMIENTO -----	5
RESUMEN -----	6
ABSTRACT -----	7
TABLA DE CONTENIDO -----	8
TABLA DE ILUSTRACIONES -----	10
INTRODUCCIÓN-----	12
CAPÍTULO I : MOTOR ELÉCTRICO. -----	13
1.1 Historia Del Motor Eléctrico -----	13
1.2 Principio De Funcionamiento. -----	14
1.3 Constitución Básica Un Motor Eléctrico. -----	16
CAPÍTULO II: TIPOS DE MOTORES ELÉCTRICOS-----	21
2.1 Motor de corriente alterna -----	21
2.2 Elección del tipo de motor -----	25
2.3 Motores de inducción-----	26
2.4 Motores de rotor de jaula de ardilla -----	27
2.5 MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA -----	38
CAPÍTULO III: FUNCIONAMIENTO, REPARACIÓN DE LA BICICLETA ELÉCTRICA. -----	54
3.1 Historia y Creación.-----	54
3.2 Evolución De La Bicicleta Eléctrica-----	56
3.3 Las Bicicletas Eléctricas Y Su Impacto Ambiental -----	57



3.4 Uso de la Bicicleta Eléctrica-----	58
3.5 Reglas movilidad bicicleta eléctrica-----	59
3.6 Kit De Conversión A Una Bicicleta Eléctrica -----	60
Ventajas -----	62
Desventajas -----	62
3.7 Tipos De Motores En Una Bicicleta Eléctrica.-----	63
3.8 El Controlador -----	65
3.9 Identificación de Problemas de una bicicleta eléctrica.-----	66
3.9.1 Desarrollo Del Proyecto -----	66
3.9.2 Análisis De Falla En El Cargado Fuente De Alimentación. -----	67
3.9.3 Análisis Del Estado Del Cableado, Continuidad Y Corto A Masa. -----	68
3.9.4 Análisis De Falla En Las Baterías. -----	68
3.10 Reparación De Fallas En Las Baterías. -----	69
Baterías selladas de Plomo Ácido. -----	70
3.11 Reparación Fallas En La Fuente Del Cargador-----	71
3.12 Armado De La Bicicleta Eléctrica.-----	72
3.13 Resultado Final.-----	73
CONCLUSIONES-----	74
RECOMENDACIONES -----	75
GLOSARIO DE TÉRMINOS -----	76
BIBLIOGRAFÍA -----	78

**TABLA DE ILUSTRACIONES**

ILUSTRACIÓN 1: MOTOR ELÉCTRICO .....	13
ILUSTRACIÓN 2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO .....	14
ILUSTRACIÓN 3. MAGNETISMO.....	15
ILUSTRACIÓN 4. EFECTO DE REPULSIÓN.....	16
ILUSTRACIÓN 5: MOTOR ELÉCTRICO .....	17
ILUSTRACIÓN 6: PARTES DE UN MOTOR ELÉCTRICO.....	18
ILUSTRACIÓN 7: TIPOS DE ESTADORES .....	19
ILUSTRACIÓN 8: EL ROTOR.....	19
ILUSTRACIÓN 9. COJINETES.....	20
ILUSTRACIÓN 10. ESCOBILLA .....	20
ILUSTRACIÓN 11. TIPOS DE MOTORES.....	21
ILUSTRACIÓN 12. MOTOR MONOFÁSICO .....	22
ILUSTRACIÓN 13: SISTEMA BIFÁSICO .....	22
ILUSTRACIÓN 14: SISTEMA TRIFÁSICO .....	23
ILUSTRACIÓN 15. ROTOR Y ESTATOR MOTOR ELÉCTRICO .....	24
ILUSTRACIÓN 16. ROTOR DE MOTOR CORRIENTE.....	25
ILUSTRACIÓN 17. ELECCIÓN DE TIPO DE MOTOR.....	25
ILUSTRACIÓN 18. MOTOR DE INDUCCIÓN .....	26
ILUSTRACIÓN 19. ROTOR DE JAULA DE ARDILLA .....	27
ILUSTRACIÓN 20. MOTOR ASINCRÓNICO.....	31
ILUSTRACIÓN 21. FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ASÍNCRONO .....	33
ILUSTRACIÓN 22. CURVA DE CONSUMO.....	34
ILUSTRACIÓN 23. CURVA DE VELOCIDAD .....	34

ILUSTRACIÓN 24. MOTORES EN DERIVACIÓN.....	39
ILUSTRACIÓN 25. MOTORES EN SERIE .....	40
ILUSTRACIÓN 26. PARTES DEL MOTOR DC .....	41
ILUSTRACIÓN 27. MOTORES DE CORRIENTE CONTINÚA .....	45
ILUSTRACIÓN 28. MOTORES CORRIENTE CONTINUA SERIE .....	46
ILUSTRACIÓN 29. MOTORE SHUNT DERIVACIÓN EN PARALELO .....	47
ILUSTRACIÓN 30. MOTORES COMPOUND O DE EXCITACIÓN .....	48
ILUSTRACIÓN 31. FUERZA DE LA BOBINA .....	51
ILUSTRACIÓN 32. CURVA DE MAGNETIZACIÓN DE UN MATERIAL FERROMAGNÉTICO .....	52
ILUSTRACIÓN 33 CURVA DE MAGNETIZACIÓN DE UNA MÁQUINA CD.....	52
ILUSTRACIÓN 34. BICICLETA ELÉCTRICA.....	54
ILUSTRACIÓN 35. KIT DE PRESUPUESTO.....	61
ILUSTRACIÓN 36. BICICLETA ELÉCTRICA REPARADA.....	62
ILUSTRACIÓN 37. MOTOR BRUSHLESS .....	63
ILUSTRACIÓN 38. FOTO MOTOR ESCOBILLAS .....	64
ILUSTRACIÓN 39. FOTO MOTOR ELÉCTRICO INSTALADO EN EL PEDALEAR.....	64
ILUSTRACIÓN 40. FOTO MOTOR INSTALADO EN EL BUJE DE LA RUEDA .....	65
<b>ILUSTRACIÓN 41. BICICLETA ELÉCTRICA.....</b>	<b>67</b>
ILUSTRACIÓN 42. CABLEADO BICI-ELÉCTRICA .....	68
ILUSTRACIÓN 43. BATERÍA ORIGINAL DE FÁBRICA.....	69
ILUSTRACIÓN 44. CONEXIÓN DE LAS BATERÍAS NUEVAS.....	70
ILUSTRACIÓN 45. CONEXIÓN EN SERIE .....	71
<b>ILUSTRACIÓN 46. CONSTRUCCIÓN DE CARGADOR DE LAS BATERÍAS .....</b>	<b>71</b>
ILUSTRACIÓN 47. BICICLETA CON PROTECTORES LATERALES .....	72
ILUSTRACIÓN 48. REPARACIÓN DE BICICLETA.....	73

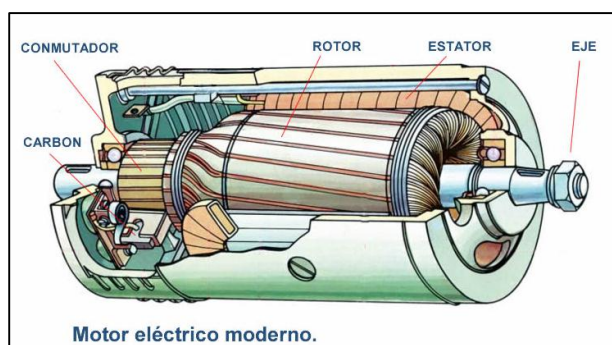
## INTRODUCCIÓN

Es necesario saber que, actualmente la necesidad de buscar nuevas formas, métodos y herramientas de transporte se ha difundido a nivel mundial, considerando factores como el cuidado del ambiente, las normas de emisión de gases y también la gran importancia de transportarse de forma fácil y sin complicaciones, por lo que los sistemas de propulsión eléctrica es una opción, que ha generado un proceso de cambio en la forma tradicional de transporte a combustión.

A nivel mundial, “se vive un auge en la investigación de la movilidad eléctrica, aunque es bien conocido que los conceptos fundamentales de la movilidad eléctrica son tecnologías ya probadas y en cierto sentido maduras” (Diéz, 2013), en esta instancia, cada vez se buscan nuevas y más variadas formas de potencializar las ventajas de los motores eléctricos, además sabiendo que estas son “máquinas eléctricas que transforman en energía mecánica la energía eléctrica que absorben por sus bornes” (Grupo Sas, 2011), así uno de los medios de transporte que se puede proponer para implementar este tipo de motores son las bicicletas, para hacerlas más potentes que cuando son manuales, además con esta gran necesidad de buscar otras formas de movilidad, dando como resultado un conocimiento adquirido de tal forma que, se analicen y planteen ciertas formas de reparar una bicicleta eléctrica en base a diferentes pruebas que permitirán generar un proceso de retroalimentación, para luego plasmarlas de forma escrita.

## CAPÍTULO I: MOTOR ELÉCTRICO.

El motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos magnéticos, los motores eléctricos se componen de: el estator, la carcasa, la base, el rotor, la caja de conexiones, las tapas y los cojinetes, no obstante un motor puede funcionar solo con el estator y el rotor.



**Ilustración 1: Motor eléctrico**  
**Fuente: (Empresa Weg, 2011)**

### *1.1 Historia del motor eléctrico*

Michel Faraday, científico británico en 1821 fue quién creó el primer principio de la conversión de la energía eléctrica en energía mecánica por medio de electroimanes.

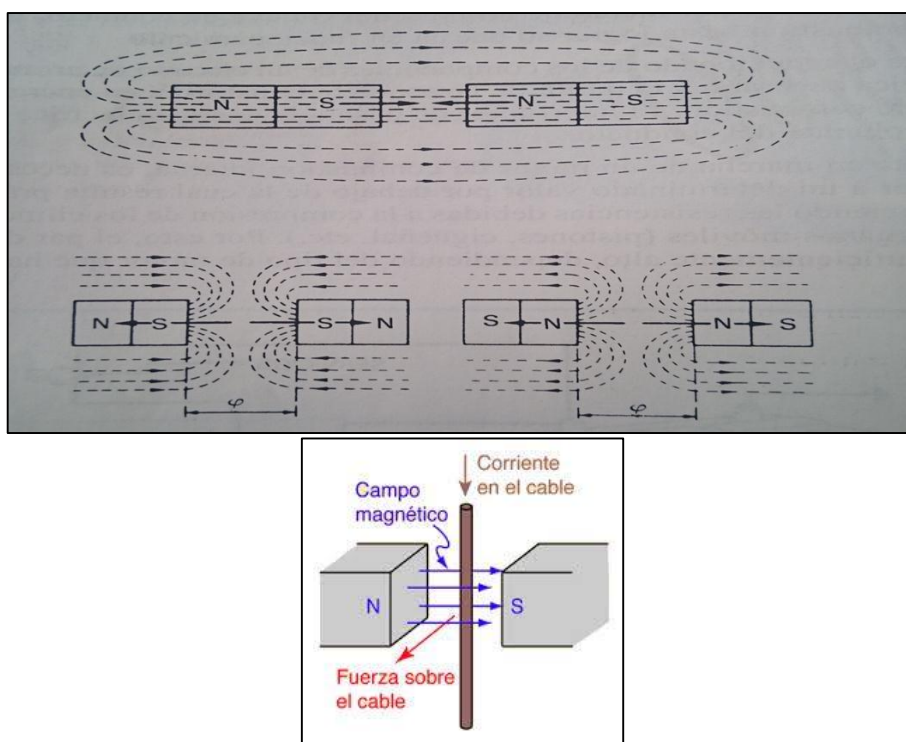
Antonio Pacinotti, inventó el inducido en forma de anillo en una máquina que transforma el movimiento mecánico en corriente eléctrica continua con una pulsación. Ésta es la idea del motor eléctrico de corriente continua. Los primeros motores eléctricos técnicamente utilizables fueron creados por el ingeniero Moritz Von Jacobi, quién los presentó por primera vez al mundo en 1834.

En el año 1866 Werner Von Siemens inventó el dínamo que es la base del motor eléctrico, además fue el instaurador del concepto de Ingeniería Eléctrica y en los años 80, gracias a él y a Nikola Tesla, se estableció como disciplina en las universidades. La

construcción de las primeras máquinas eléctricas fue a mediados de la década de 1880. Karl Marx dijo: “la electricidad causaría una revolución de mayores alcances que la que se vivía en la época con las máquinas de *vapor*”.

### 1.2 Principio de funcionamiento.

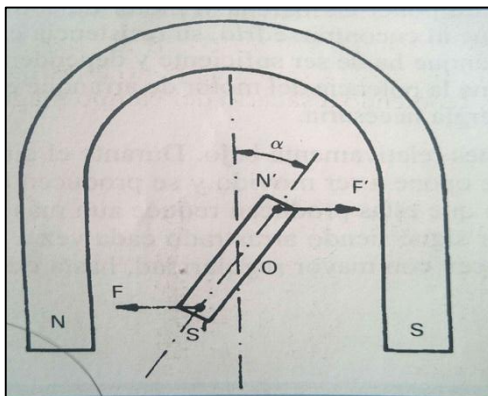
El principio de funcionamiento de los motores eléctricos de DC o AC se basa en la repulsión que ejerce los polos magnéticos de un imán. Los imanes tienen la propiedad de atraer y ser atraídos, y cuando se colocan uno dentro del campo magnético de otro este se ve sometido a fuerzas de atracción o repulsión, de manera que se cumple *que polos iguales se repelen y polos distintos se atraen*.



**Ilustración 2. Principio de funcionamiento**  
Fuente (H.Wayne, 2000).

En la siguiente figura se presenta un imán N-S, dentro de un campo magnético uniforme de otro imán N-S en forma de “u”, las fuerzas (F) que genera este imán hacen que el otro imán gire dentro de su punto de giro (O) en el sentido de las agujas del reloj hasta quedar

en posición horizontal, en ese instante la fuerza del par de fuerza ( $F$ ) es nulo quedando el imán en equilibrio , esta propiedad de los imanes es usada para obtener el giro en los motores eléctricos.



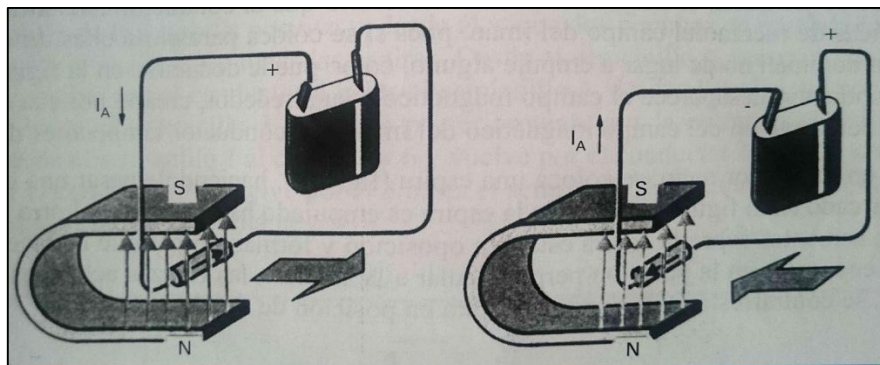
### **Ilustración 3. Magnetismo**

**Fuente: (H.Wayne, 2000)**

Cuando a un conductor se induce energía eléctrica mientras está dentro de un campo magnético éste tiende a ser expulsado, de esta manera la energía eléctrica se transforma en energía mecánica de movimiento. La razón para esta fuerza de expulsión es porque la corriente que atraviesa por el conductor crea un campo magnético que se deforma, de esta manera las líneas del campo magnético del conductor se suman a las líneas del imán por la parte inferior, las mismas que llevan la misma polaridad, como consecuencia el campo magnético creado por el imán se deforma también , a esto se lo conoce como elasticidad de líneas de fuerzas es lo que empuja al conductor tendiendo a sacarlo del campo magnético del imán.

Cabe mencionar que para que se produzca el desplazamiento del conductor es necesario que el mismo esté situado perpendicularmente a las líneas de fuerza del campo del

imán, caso contrario el efecto es nulo y no se produce la repulsión como se observa en el siguiente gráfico.



**Ilustración 4. Efecto de Repulsión**

**Fuente (H.Wayne, 2000)**

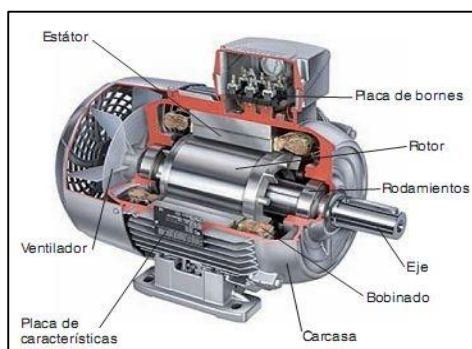
En un motor, el proceso de conversión de la energía puede pensarse en términos simples. En “estado estacionario”, la entrada de energía o potencia eléctrica a la máquina es simplemente la suma de las entradas de potencia eléctrica a las diferentes terminales. (H.Wayne, 2000).

### ***1.3 Constitución básica de un motor eléctrico.***

Los motores eléctricos como ya mencionamos son elementos que funcionan con corriente alterna o corriente directa, transformando la energía eléctrica en mecánica, su uso o aplicaciones son diversas ya puede ir desde un pequeño componente de nuestra computadora como el ventilador hasta grandes motores propulsores de barcos o buques. Pero todos con ciertas modificaciones poseen los mismos componentes o elementos que son



### Motor Eléctrico



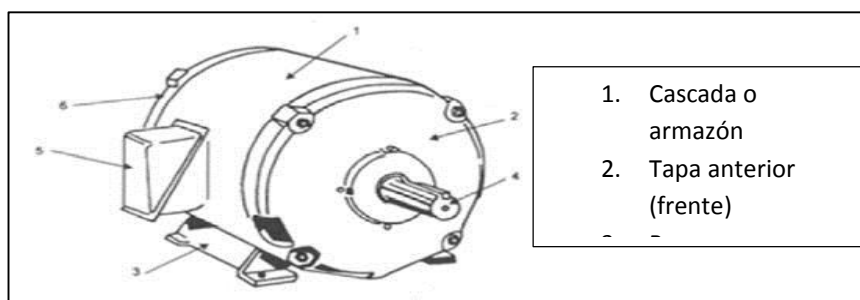
#### Ilustración 5: Motor eléctrico

Fuente: (Empresa Weg, 2011)

Los motores de corriente continua y los síncronos de corriente alterna, tienen una utilización específica, por lo que se sabe que, para que un motor eléctrico funcione requiere:

- Del magnetismo que produce una fuerza física que mueve los objetos. En dependencia de cómo uno alinee los polos de un imán, así podrá atraer o rechazar otro imán.
- En los motores se utiliza la electricidad para crear campos magnéticos que se opongan entre sí, de tal modo que hagan moverse su parte giratoria, llamado rotor.
- En el rotor se encuentra un cableado, llamado bobina, cuyo campo magnético es opuesto al de la parte estática del motor.
- El campo magnético de esta parte lo generan imanes permanentes, precisamente la acción repelente a dichos polos opuestos es la que hace que el rotor comience a girar dentro del estator.
- Si el mecanismo terminara allí, cuando los polos se alinearan el motor se detendría por ello, para que el rotor continúe moviéndose es necesario invertir la polaridad del electroimán. (Lelyen, 2011)

**El armazón:** Es la parte externa o carcasa que envuelve todo el conjunto de elementos que se encuentran en el interior del motor, el material empleado depende del uso o el tipo de motor puedes ser: Totalmente Cerrada, Abierta, Aprueba de Goteos, Aprueba de explosiones, Sumergibles.



**Ilustración 6: Partes de un motor eléctrico**

**Fuente: (ESPINA C. F., 2005)**

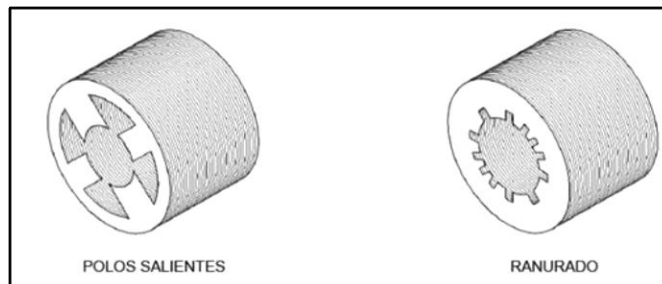
**El Inductor o Estator:** Es el elemento que opera como base y está conformado por una serie de láminas de acero y silicio permitiendo que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor dejando pasar un flujo magnético.

El estator no se mueve mecánicamente, pero si magnéticamente, los devanados proveen los polos magnéticos. Los polos de un motor siempre son pares (pueden ser 2, 4, 6, 8, 10, etc.), por ello el mínimo de polos que puede tener un motor para funcionar es dos (un norte y un sur)

existen dos tipos de estatores:

a) Estator de polos salientes.

b) Estator ranurado.

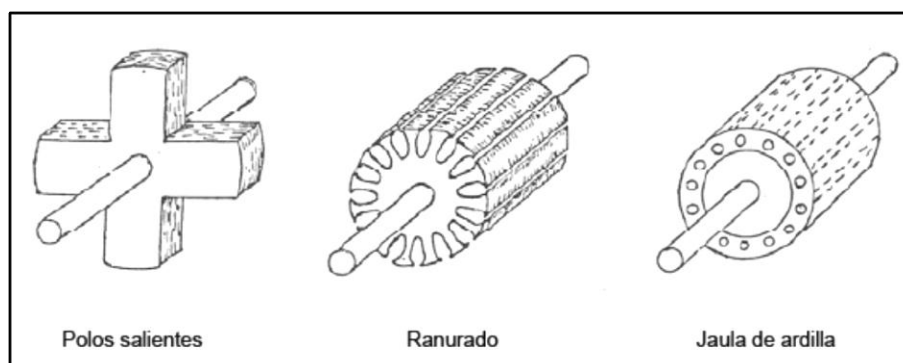


**Ilustración 7: Tipos de Estatores**

**Fuente:** (ESPINA C. F., 2005)

**El rotor:** Es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica. Los rotores, son un conjunto de láminas de acero al silicio que forman un paquete, y pueden ser básicamente de tres tipos:

- a) Rotor ranurado.
- b) Rotor de polos salientes.
- c) Rotor jaula de ardilla.

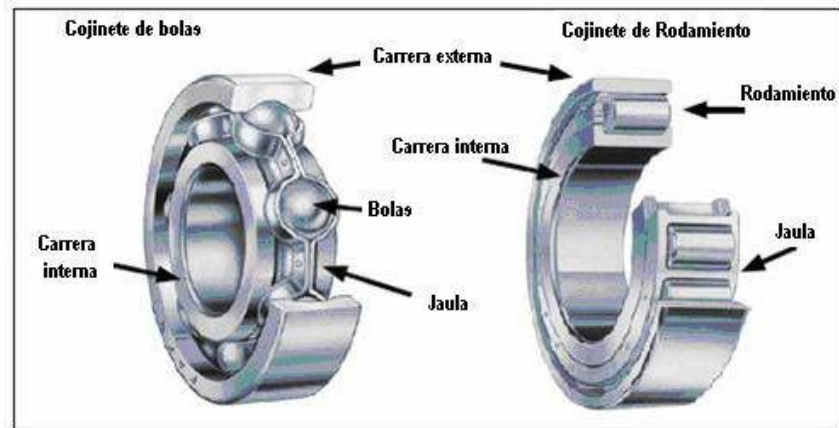


**Ilustración 8: El rotor**

**Fuente:** (ESPINA C. F., 2005)

**Cojinetes:** Son rodamientos que ayudan a la óptima operación de cada elemento giratorio del motor, son los encargados de fijar y sostener los ejes mecánicos, disminuir la fricción, reduciendo así el consumo de potencia. Tipos de cojinetes;

- Cojinetes de Rodamiento
- Cojinetes de deslizamiento



**Ilustración 9. Cojinetes**

**Fuente:** (Benavides, 2011)

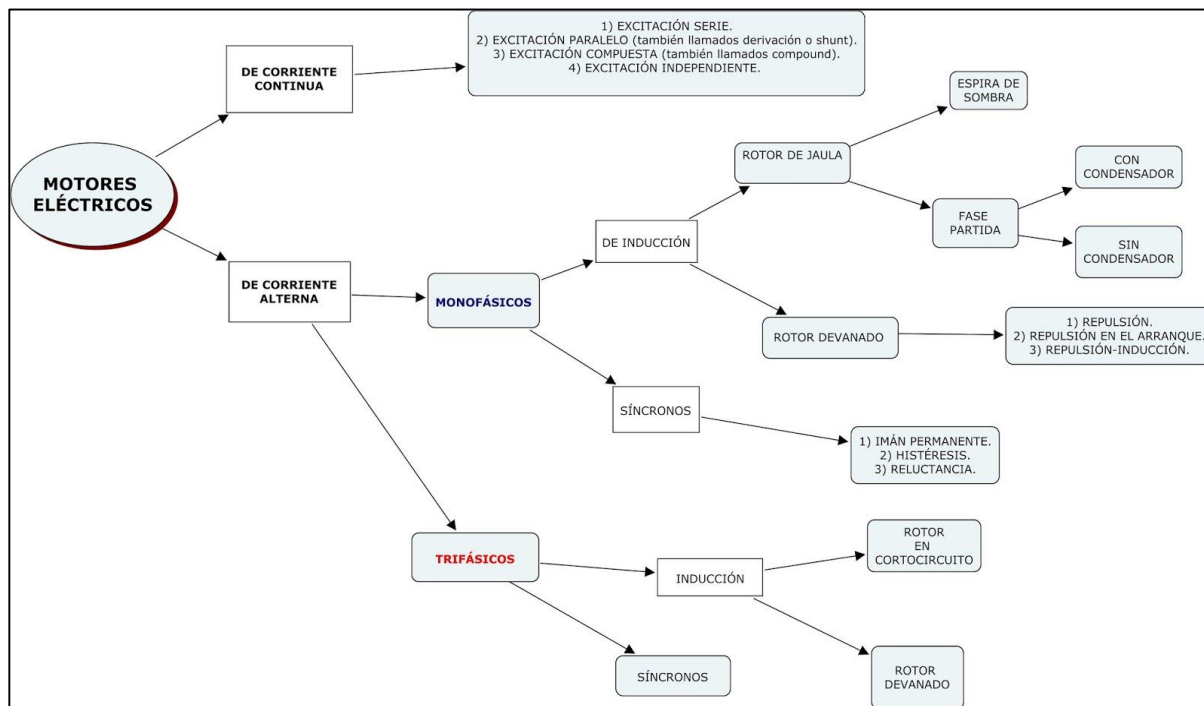
**Escobilla:** Es el elemento que ejerce de conexión eléctrica entre la parte fija y la giratoria dentro de un motor eléctrico, cuya finalidad es realizar la presión necesaria sobre los colectores o anillos rotatorios, y que de esta manera se pueda realizar el contacto para el paso de la electricidad.



**Ilustración 10. Escobilla**

**Fuente:** (todorobot, 2011)

## CAPÍTULO II: TIPOS DE MOTORES ELÉCTRICOS



**Ilustración 11. Tipos de motores**

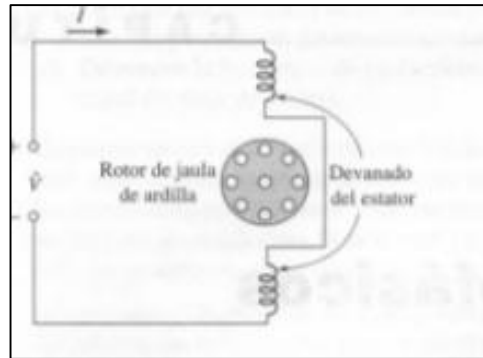
Fuente: (Alejandro, 2010)

### 2.1 Motor de corriente alterna

Se conoce como motor de corriente alterna a “la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda senoidal” (Mestre acasa, 2012). Se clasifican en 2 clases, de inducción y síncronos. Existen motores de corriente alterna monofásico y bifásico, siendo los más simples y conocidos tradicionalmente.

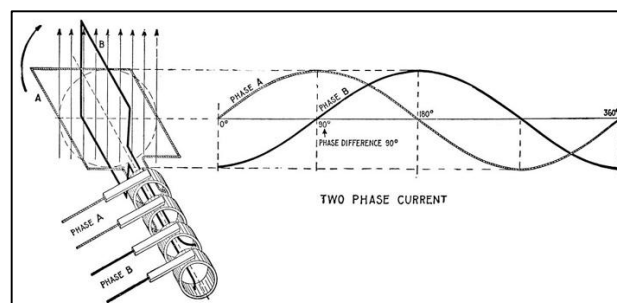
**Monofásico:** Los motores monofásicos son aquellos que cuentan con una estructura que se parece a los motores de jaula de ardilla polifásicos, excepto por el arreglo de los devanados del estator, puesto que se incluye una bobina concentrada y el devanado del estator está repartido en ranuras que producen una distribución espacial aproximadamente de tipo senoidal de la fuerza magneto motriz. (Climaco, 2010).

Un motor de inducción monofásico es considerablemente mejor de lo que se pronostica con base en ondas de flujo directas e inversamente iguales.



**Ilustración 12. Motor Monofásico**  
**Fuente: (ESPINA C. F., 2005)**

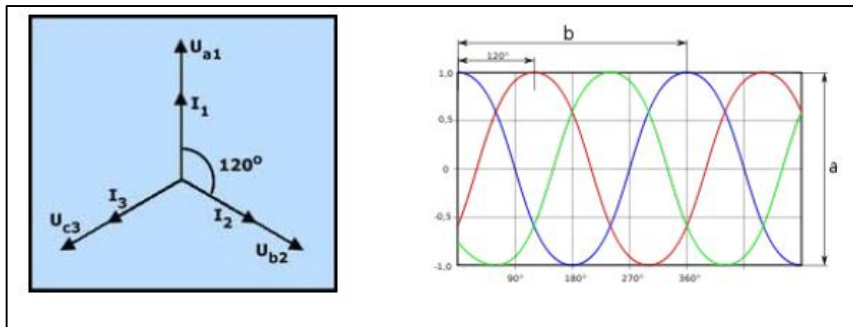
**Bifásicos :** Cumplen con las características de contar con dos devanados de estator en cuadratura espacial, los devanados principal y auxiliar son diferentes, con un número distinto de vueltas, diámetro de conductores y distribución de vueltas, esta diferencia en combinación con el capacitor que se utiliza en serie con el devanado auxiliar permite garantizar que las fuerzas magneto motrices que se producen por las dos corrientes de devanado resultan desbalanceadas. En el caso de operaciones balanceadas, se puede analizar un motor bifásico simétrico por medio de técnicas para motores trifásicos pero modificándolas. (Benavides, 2011). La onda sinodal, toma la siguiente forma:



**Ilustración 13: Sistema Bifásico**  
**Fuente: (Mestre acasa, 2012)**

**Trifásico,** se constituye por ser un sistema tanto de producción como de distribución y consumo de energía, los cuales se forman por “tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud que presentan una cierta diferencia de fase entre ellas (120°). Cada una

de las corrientes monofásicas que forman el sistema se designa con el nombre de fase”. (Benavides, 2011, pág. 11). Se presenta a continuación la forma de operación de la onda del sistema trifásico:



**Ilustración 14: Sistema Trifásico**  
Fuente: (Mestre acasa, 2012)

Según Fernández (2011) detalla: Los motores de corriente alterna se diseñan dos tipos básicos de motores para funcionar con corriente alterna polifásica: los motores síncronos y los motores de inducción. El motor síncrono es en esencia un alternador trifásico que funciona a la inversa. Los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica. La variación de las tres ondas de corriente en la armadura provoca una reacción magnética variable con los polos de los imanes del campo, y hace que el campo gire a una velocidad constante, que se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente alterna.

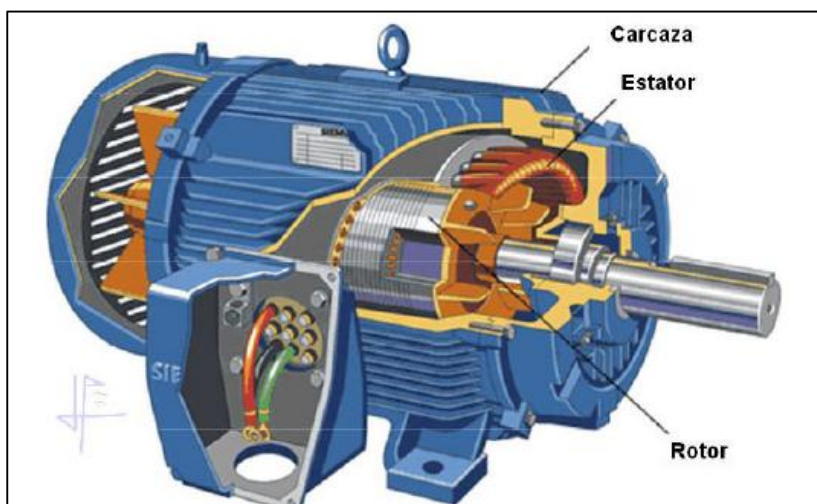
Es decir que, estos se producen con una velocidad constante, así ese motor tiene ventaja en ciertas máquinas, pero no puede ser utilizado para aplicaciones en carga mecánica sobre el motor, puesto que si el motor normalmente reduce su velocidad cuando está bajo carga, se puede quedar afuera de esta fase, y tiende a pararse.

- **Estator. -**

Está constituido por una carcasa en la que está fijada una corona de chapas de acero al silicio provistas de unas ranuras. Los bobinados de sección apropiada están dispuestos en dichas ranuras formando las bobinas que se dispondrán en tantos circuitos como fases tenga la red a la que se conectará la máquina. (Vandelvira, 2011).

Formado por chapas magnéticas aisladas y ranuradas interiormente que están unidas en una corona. Sobre las chapas hay arrollados tres devanados iguales desfasados  $2\pi/3p$ , siendo  $p$  el número de pares de polos. Los devanados se encuentran conectadas a la placa de bornes que se conecta a la red de alimentación. (Mestre acasa, 2012)

Es decir que el estator es la parte fija o estática como su nombre lo detalla del motor, así está constituido por ranuras que forman bobinas y esto se mueve en torno a circuitos y fases de la red conectada.

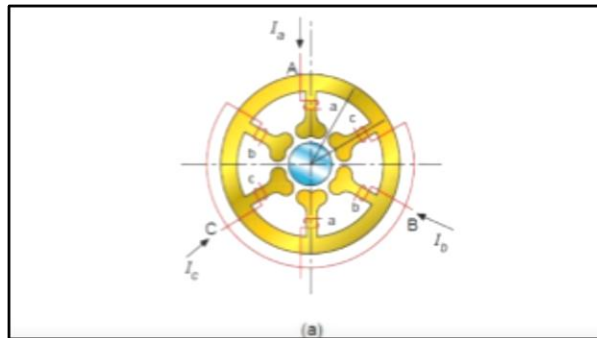


**Ilustración 15. Rotor y estator motor eléctrico**  
**Fuente:** (Vandelvira, 2011)



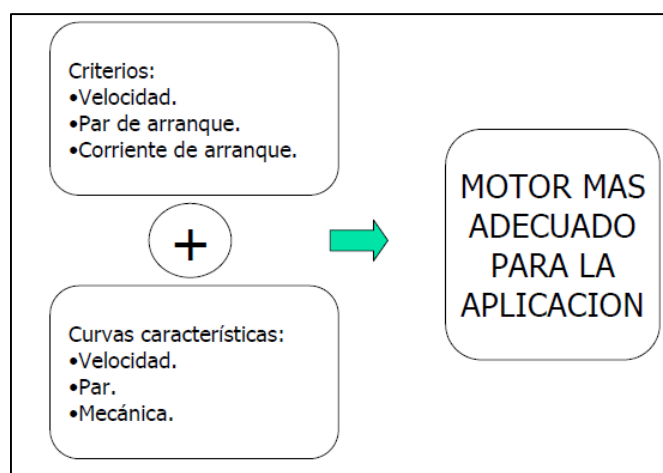
- **Rotor. -**

“Es la parte móvil del motor. Está situado en el interior del estator y consiste en un núcleo de chapas de acero al silicio apiladas que forman un cilindro, en el interior del cual se dispone un bobinado eléctrico”. (Vandelvira, 2011). Existen dos tipos de rotor más utilizados que son el rotor de jaula de ardilla y el rotor bobinado, a continuación, se incluye una imagen para definir con mayor claridad el rotor y el estator, en el rotor, se produce el fenómeno llamado inducción electromagnética, así también se lo conoce como la ley de Faraday.



**Ilustración 16. Rotor de motor corriente**  
Fuente: (Vandelvira, 2011)

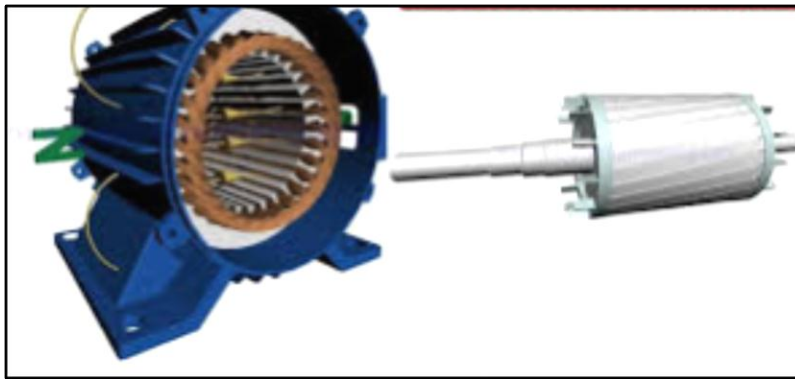
## 2.2 Elección del tipo de motor



**Ilustración 17. Elección de tipo de motor**  
Fuente: (Ortega, 2011)

### 2.3 Motores de inducción

El motor se conecta a la red de alimentación alterna a través de la placa de bornes. La corriente eléctrica alterna crea un campo magnético giratorio en el estator. Este campo magnético induce unas corrientes eléctricas en el rotor. Como hay corriente eléctrica en el interior de un campo magnético se crea un par de fuerzas (M) que hará girar al rotor del motor. (Mestre acasa, 2012).



**Ilustración 18. Motor de inducción**  
**Fuente: (Benavides, 2011)**

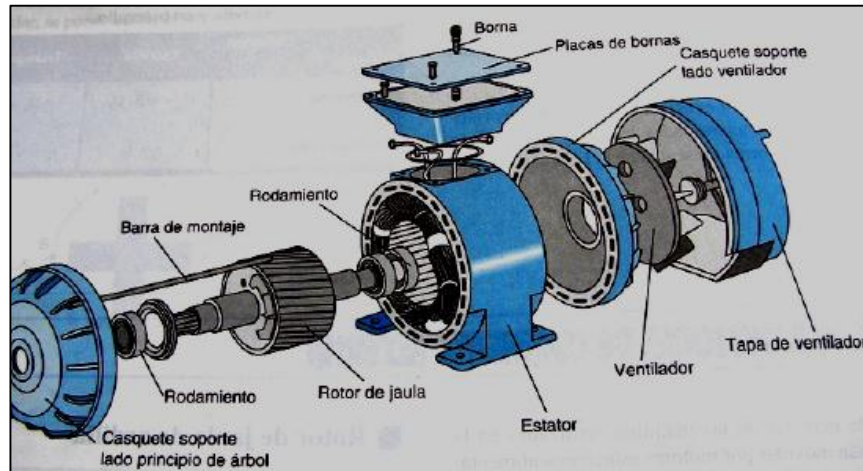
Existen características propias de los motores de inducción:

- El giro del motor no es la de sincronismo sino está compuesta por medio de frecuencias de red
- El 80% de los motores que se utilizan en la actualidad son de este tipo, porque trabajan a velocidad constante.
- La utilización de motores asíncronos se da porque su forma de construcción es totalmente simple, además es de poco volumen y peso, sus costos no son elevados y su mantenimiento es menor al de otro motor eléctrico.

Dentro de los motores asíncronos existen dos clasificaciones específicas:

- Motores de jaula de Ardilla.
- Motores de rotor de anillo rozante.

## 2.4 Motores de rotor de jaula de ardilla



**Ilustración 19. Rotor de jaula de ardilla**  
**Fuente: (Benavides, 2011)**

En cuanto a los motores de rotor de jaula de ardilla, se lo conoce como rotor en cortocircuito, y se lo cataloga como el más sencillo “es el más utilizado actualmente. En núcleo del rotor está construido de chapas estampadas de acero al silicio en el interior de las cuales se disponen unas barras, generalmente de aluminio moldeado a presión” (Vandelvira, 2011).

La armadura de este tipo de motor consiste en tres bobinas fijas y es similar a la del motor síncrono. El elemento rotatorio consiste en un núcleo, en el que se incluyen una serie de conductores de gran capacidad colocados en círculo alrededor del árbol y paralelos a él. (Fernández, 2015). Es decir que, estos motores tienen solo tres bobinas, pero permanecen totalmente fijas, similar a la de un motor síncrono, además se llama de ardilla porque las jaulas de los cilindros que se usaban para las ardillas. Estos motores tenían hace algunos años un inconveniente y es que su velocidad no se la podía regular, pero hoy su velocidad es variable, y se puede tener un control sobre ella y sobre todos los demás parámetros del motor.

- Arranque de motores de rotor de jaula de ardilla

Dentro del arranque de motores de rotor de jaula de ardilla, se encuentran:

**a) Arranque directo. -**

Las bobinas del estator se conectan directamente a la red de alimentación. Pueden darse distorsiones en la red debido a que la intensidad de arranque es del orden de 3 a 8 veces la intensidad nominal, mientras que el par de arranque es de 1 a 1,5 veces el par nominal. (tuveras.com, 2015)

NOTA: Este solo sirve para motores de baja potencia.

**b) Arranque basados en disminuir la tensión de alimentación.**

En estos se disminuye la tensión de alimentación, “en todos estos sistemas la intensidad se reduce en la misma relación que la tensión y el par en relación cuadrática”. (Mestre acasa, 2012)

$$I=K.U$$

$$M=K_1.U^2$$

Dentro del arranque basado en disminución de la tensión de alimentación, se incluyen:

- Arranque estrella-triángulo

En este se ejecuta la relación entre tensión lineal y tensión de fase, cuando el motor se conecta a la red se da una conexión estrella.

$U_F = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$	<p>U<sub>L</sub>= conexión en estrella U<sub>F</sub>= conexión por fases</p>
------------------------------	--

- Arranque de autotransformador

“Se utiliza un autotransformador para reducir la tensión en el momento del arranque. A medida que el motor acelera se aplica más tensión”. (tuveras.com, 2015)

- Arranque eléctrico. - Se da mediante componentes electrónicos de potencia, tales como los tiristores.

### **Motores de Rotor Bobinado**

Son motores asíncronos con un devanado trifásico de cobre dispuesto en las ranuras de rotor, que va conectado a tres anillos metálicos por uno de sus extremos, en tanto que, por el otro lado se conectan en estrella. De este modo se puede controlar desde el exterior la resistencia total del circuito rotórico, facilitando un control de la velocidad y corriente de arranque con un elevado par de arranque y un mejor factor de potencia que con el rotor en jaula de ardilla. (Vandelvira, 2011).

Los motores de rotor bobinado se arrancan intercalando varios grupos de resistencia en el circuito del rotor, de forma que el motor arranca con toda la resistencia intercalada. A medida que el motor adquiere velocidad se eliminan grupos de resistencia hasta que alcanza la velocidad nominal. (Sosa, 2011)

Es decir que el arranque de estos motores va tomando velocidad, así paulatinamente alcanzará la velocidad nominal.

### **Motores síncronos**

El rotor gira a la velocidad de sincronismo. Este motor tiene la característica de que su velocidad de giro es directamente proporcional a la frecuencia de la red de corriente alterna que lo alimenta.

Estos motores requieren ser llevados a la velocidad de sincronismo mediante un motor o dispositivo auxiliar. Una vez que el rotor gira a esa velocidad, el funcionamiento se hace normal, la acción de repulsión entre el estator y el rotor suministra la fuerza necesaria para que el giro continúe y solo se detendrá si se corta la corriente del rotor, del estator, o de la si la fuerza a vencer es mayor que la que puede suministrar el motor, en cuyo caso se dice que el

mismo desengancha, debiéndose hacer arrancar nuevamente si se quiere que siga funcionando. (Mestre acasa, 2012).

Es decir que, los motores síncronos pueden ser usados para los casos donde se requiere de una velocidad constante, sin embargo, no se le da tanto uso, ya que por lo general se relacionan con sistemas de control y regulación y no con transmisión de potencias. En la práctica el arranque se consigue con un motor auxiliar de potencia reducida o dotando al motor de un arrollamiento especial para que arranque como asincrónico.

### Motores asíncronos

El rotor gira a una velocidad menor que la velocidad de sincronismo. “En este caso el rotor seguirá el giro del campo magnético, pero a una velocidad menor denominada  $n_2$ . A la diferencia de velocidades del campo y del rotor se le llama deslizamiento absoluto ( $d$ )” (Mestre acasa, 2012).

Dando la siguiente ecuación:

$$d = n_s - n_2$$

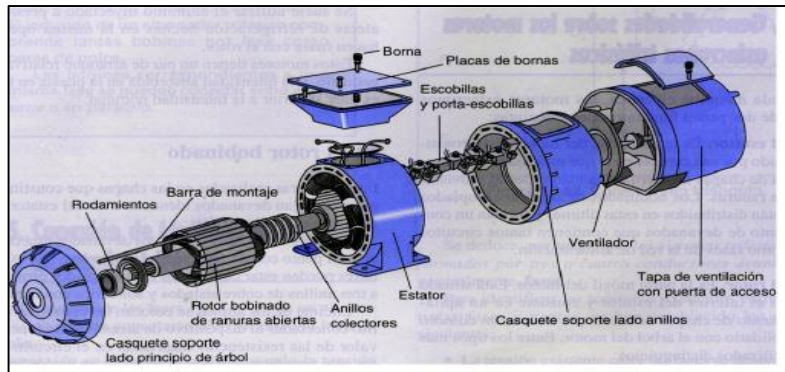
$d$ =deslizamiento absoluto  
 $n_s$ =deslizamiento relativo  
 $n_2$ = velocidad menor al giro del campo magnético

En el caso de haber diferencia en las velocidades, serán estas expresadas según la velocidad de campo magnético, donde se da un deslizamiento de tipo relativo ( $S$ ).

$$S = (n_s - n_2) / n_s$$

$s$ =deslizamiento relativo  
 $n_s$ =deslizamiento relativo  
 $n_2$ = velocidad menor al giro del campo magnético.

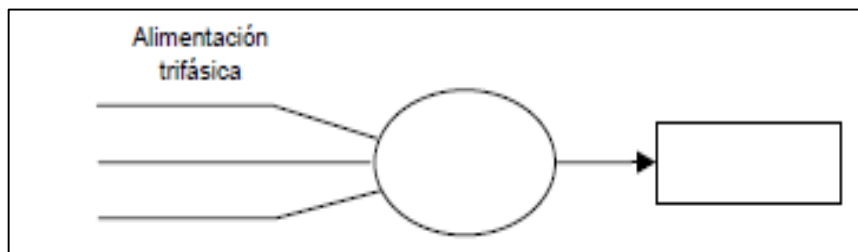
Estos motores cumplen con la función de control de velocidad, corriente de arranque y mejor potencia que el rotor en jaula de ardilla, ya que este es mejor diseñado y más compuesto, como se visualiza a continuación:



**Ilustración 20. Motor Asíncrono**  
Fuente: (Vandelvira, 2011)

### Funcionamiento del motor asíncrono

A continuación, se presenta un esquema básico de funcionamiento de los motores asíncronos:



Fuente: (Benavides, 2011)

Es así que cuando el estator se alimenta en un motor asíncrono con un sistema trifásico de tensiones, se da la siguiente constante:

Cuya velocidad es  $n_1 = \frac{60f_1}{p}$ , donde  $p$  es el número de pares de polos del motor. Esta velocidad recibe el nombre de velocidad de sincronismo.

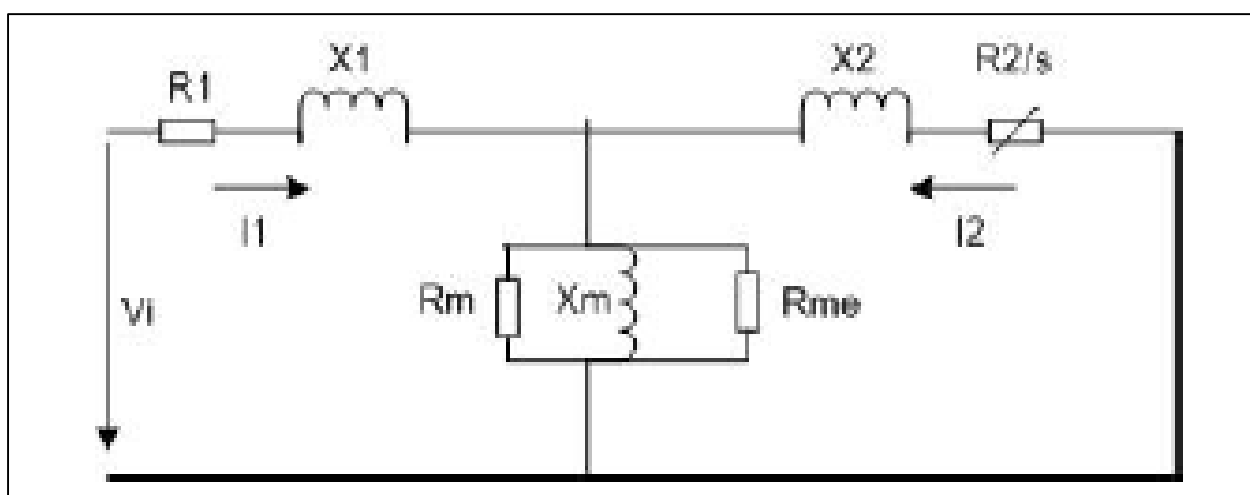
En los conductores del rotor, el campo giratorio inducirá unas fuerzas electromagnéticas, que al estar el devanado en cortocircuito darán lugar a unas corrientes. Éstas en presencia de un campo magnético, determinan que sobre los conductores actúan unas fuerzas, las cuales producen un par que, de acuerdo a la ley de Lenz, hace que el rotor tienda a seguir el campo del estator. La velocidad de giro del rotor ( $n$ ) no podrá igualar a la de sincronismo  $n_1$ , ya que entonces no se produciría la variación de flujo en el devanado del rotor y no se inducirá ninguna fuerza electromagnética. Se denomina deslizamiento ( $s$ ), a la velocidad relativa del campo giratorio respecto del rotor, expresado en tanto por uno de la

velocidad del campo, es decir  $s = \frac{n_1 - n}{n_1}$ . (Fernández, 2015).

Se dice además que las máquinas asíncronas pueden ser utilizadas como generadores y freno electromagnético, es así que se usan estas como motores de potencia mecánica, además que consumen la potencia de tipo eléctrica, cuyo desplazamiento es:

$$0 < s < 1.$$

A continuación, se incluye una gráfica para realizar el análisis circuital que se usa:



Fuente: (Vandelvira, 2011)

Nomenclatura:



$X_{1}$ : Reactancia de dispersión o fugas del bobinado estatífico.

$R_{1}$ : Resistencia óhmica del bobinado estatórico.

$R_{m}$ : Resistencia que representa a las pérdidas magnéticas.

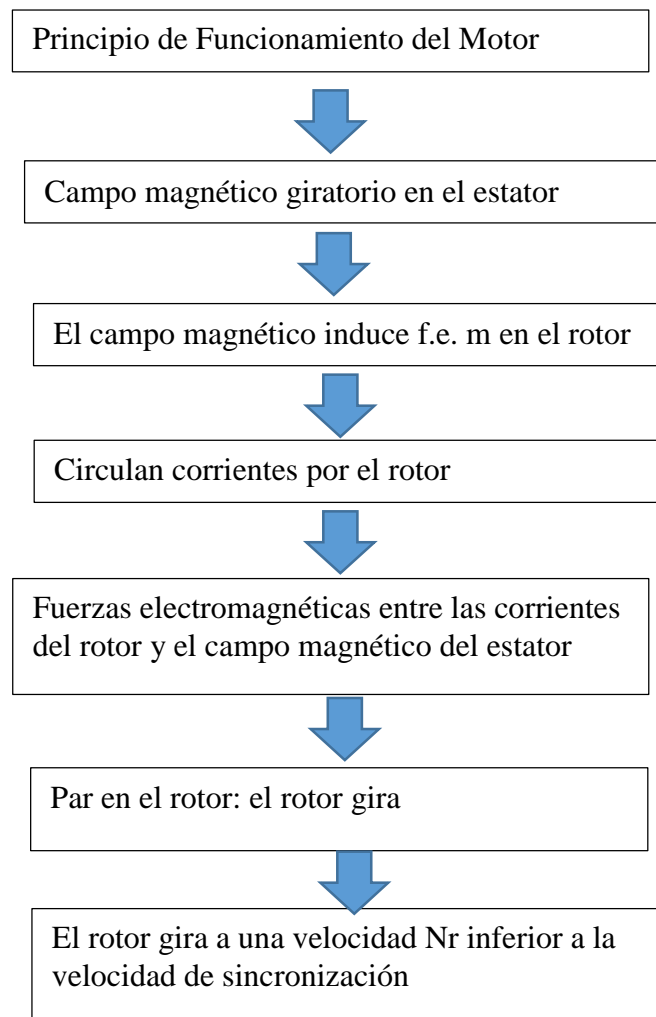
$X_{m}$ : Reactancia que representa a la corriente magnetizarte.

$R_{me}$ : Resistencia variable que representa las pérdidas mecánicas.

$X_{2}$ : Reactancia de dispersión o fugas del bobinado de rotor.

$R_{2}$ : Resistencia óhmica del bobinado de estator.

Adicionalmente, con la idea de dar a conocer un resumen del funcionamiento del motor asíncrono se ha incorporado la siguiente imagen:



**Ilustración 21. Funcionamiento del motor asíncrono**  
**Fuente: (Mestre acasa, 2012)**

En cuanto a la velocidad del sincronismo, se da un campo electromagnético, que resulta de la siguiente ecuación:

$$n_s = 60 \cdot f / p$$

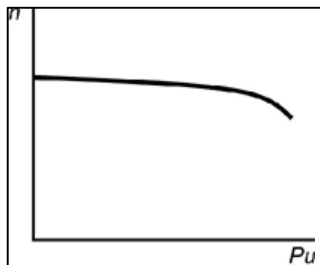
$n_s$  = velocidad de sincronismo (r.p.m)

$f$  = frecuencia (Hz)

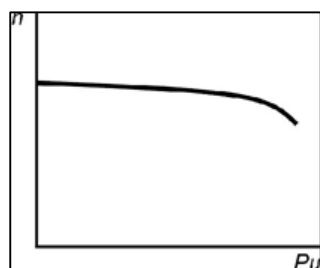
$p$  = número de pares de polos

### Curvas características de los Motores de corriente alterna

Existen curvas de comportamiento específicas para los motores eléctricos que se especifican para brindar información sobre el comportamiento de estos motores dependiendo de las condiciones en las que funcionan, entre dichas curvas están:



**Ilustración 22. Curva de consumo**  
Fuente: (Sosa, 2011)



**Ilustración 23. Curva de velocidad**  
Fuente: (Sosa, 2011)

Se incluyen características de velocidad, consumo, factor de potencia y mecánica, como se describe a continuación:

**a) Característica de velocidad.** Representa la velocidad en función de la potencia útil manteniendo constantes la tensión de alimentación y la frecuencia ( $n=f(PU)$ ;  $U=cte$ ;  $f=cte$ ). En general se observa que la velocidad se reduce muy poco con la carga, entre un 2% y un 5% de la velocidad de sincronismo, se dice que la característica es dura. (Sosa, 2011)

**b) Característica de consumo.** Representa la intensidad de corriente que la máquina absorbe de la red en función de la potencia útil manteniendo constantes la tensión y la frecuencia ( $I=f(PU)$ ;  $U=cte$ ;  $f=cte$ ). La corriente de vacío está comprendida entre 0,25 y 0,50 de la nominal. (Sosa, 2011)

**c) Característica del factor de potencia.** Representa la variación del factor de potencia en función de la potencia útil.

**d) Característica mecánica.** “Esta es la curva más importante de un motor y representa la variación del par del motor en función de la velocidad manteniendo constantes la tensión y la frecuencia ( $M=f(n)$ ;  $U=cte$ ;  $f=cte$ ). En el punto siguiente analizaremos esta curva con un poco más de detalle”. (Sosa, 2011) , esta característica se conoce como par-velocidad porque es la curva más preponderante del motor, ya que es la variación entre el par la tensión y frecuencia.

### **Balance de Potencia**

Las potencias se dividen en:

- Potencia activa
- Potencia reactiva
- Potencia aparente
- Factor de potencia
- Potencia Activa (Absorbida)

Se incluye la capacidad del circuito para ejecutar un proceso de “transformación de la energía eléctrica en trabajo, y se mide en vatios (w), además se la reconoce con la letra P.

$$P = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot V_L \cdot \cos\Phi$$

- Potencia reactiva (absorbida)

Esta potencia no tiene tampoco el carácter realmente de ser consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo.

Se mide en voltiamperios reactivos (VAR) y se designa con la letra  $Q$ .

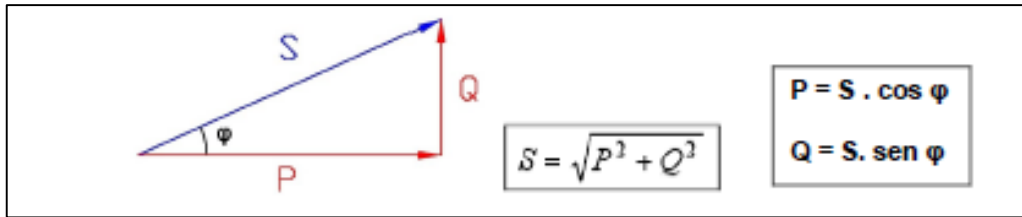
(Mestre acasa, 2012).

Se mide con el uso de la siguiente ecuación:

$$Q = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot V_L \cdot \sen\Phi$$

- Potencia Aparente

Es la potencia absorbida total del motor, se mide por voltiamperios (VA) y se la designa con la letra  $S$ .



Fuente: (Mestre acasa, 2012)

- Factor de potencia

“El factor de potencia o  $\cos \varphi$  indica la cantidad de potencia absorbida ( $S$ ) que se convierte en activa ( $P$ )” (Mestre acasa, 2012)

$$\cos \varphi = P / S$$

### Arranque del Motor

Al conectar los motores a la red, éstos absorben una intensidad de corriente muy elevada, lo que puede producir anomalías en las redes de distribución de energía eléctrica. Los motores de más de 0,75 kW están provistos de dispositivos de arranque, de forma que no permitan que la relación de la corriente de arranque a la nominal sea superior a un valor determinado, que está en función de la potencia del motor. (Fernández, 2015), entonces, los procesos que se usarán para el arranque están diseñados según el tipo de motor, ya sea de jaula de ardilla o de rotor bobinado.

### Frenado del Motor

Existen los siguientes tipos de frenado de motor de corriente alterna:

- Frenado regenerativo
- Frenado dinámico

En el caso del frenado regenerativo, “se emplea en aplicaciones de montacargas y grúas para limitar la velocidad de descenso. Consiste en que el motor pasa a trabajar como

generador” (Mestre acasa, 2012); en cuanto al frenado dinámico “Consiste en desconectar el motor de la red y aplicarle una corriente continua al devanado del estator. Esto produce un par opuesto al del giro que hace que el motor frene” (tuveras.com, 2015).

### **2.5 Motor de corriente continua**

Los primeros sistemas de potencia en los Estados Unidos, fueron sistemas de corriente continua, sin embargo, en 1890 a pesar de esto, los motores de corriente continua siendo una parte indispensable de la maquinaria cada año hasta los años 1960; “los sistemas de potencia CD son comunes aun en automóviles, camiones y aviones. Cuando un vehículo tiene un sistema de potencia CD, tiene sentido considerar el uso de los motores CD” (Ricardez, 2014, pág. 80)

Los motores de corriente continua, son comparados con los reguladores de velocidad, así la regulación de la velocidad (SR) de un motor está definida como:

$$SR = \frac{\omega_{nl} - \omega_{fl}}{\omega_{fl}} \times 100\%$$

$$SR = \frac{n_{nl} - n_{fl}}{n_{fl}} \times 100\%$$

En una medida de aproximación de la forma de la característica par-velocidad de un motor la SR, definida así por la regulación de la velocidad cuando es de tipo positiva significa que “la velocidad del motor disminuye con el aumento de carga y una SR negativa significa que la velocidad aumenta cuando aumenta la carga” (Fernández, 2015).

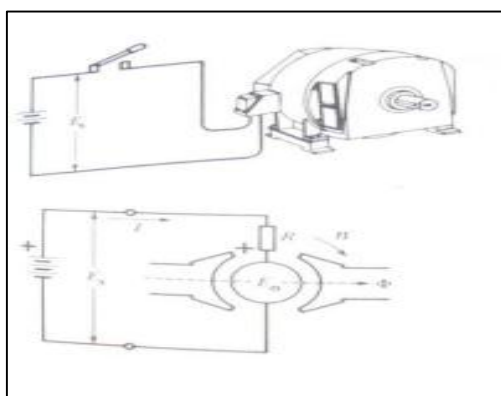
Se define al motor de corriente continua como aquellos que “son concebidos con las más modernas tecnologías de proyecto, resultando en máquinas compactas y con excelentes propiedades dinámicas, atendiendo las más diversas aplicaciones en las áreas de

automatización y control de procesos” (Empresa Weg, 2011, pág. 2); es decir que los motores de corriente continua son de última generación, por ello son los más actualizados del mercado.

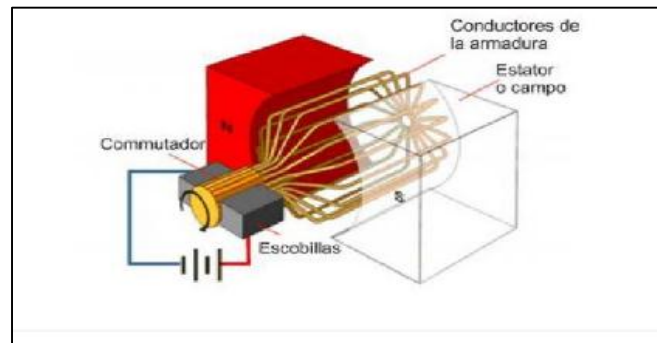
En otro aspecto adicional a la tecnología se indica que los motores de corriente directa “transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Impulsan dispositivos tales como malacates, ventiladores, bombas, calandrias, prensas, perforadores y carros” (Grupo Sas, 2011).

“A diferencia de los motores paso a paso y los servomecanismos, los motores DC no pueden ser posicionados y/o enclavados en una posición específica. Estos simplemente giran a la máxima velocidad y en el sentido que la alimentación aplicada se los permite” (todorobot, 2011). Así este tipo de motores pueden tener una característica de par o de momento de torsión definida como un ventilador, en cuanto a la característica de par o de momento de torsión-velocidad, esta debe impulsar un tipo de carga específico, y gracias a ello existen tres tipos específicos de motores:

- 1.- Motores en derivación (o shunt)
- 2- Motores en serie
- 3- Motores compuestos. (Grupo Sas, 2011)



**Ilustración 24. Motores en derivación**  
**Fuente: (Grupo Sas, 2011)**



### **Ilustración 25. Motores en serie**

**Fuente: (todorobot, 2011)**

Según el autor (Ricardez, 2014) detalla otras clases adicionales de motores de corriente continua:

1. Motor CD de excitación separada.
2. Motor CD con excitación en derivación.
3. Motor CD de imán permanente.
4. Motor CD serie.
5. Motor CD compuesto. (Ricardez, 2014)

Es decir que incluye el motor de excitación separada y el de imán permanente dentro de la lista de motores de corriente continua de uso general. Los motores de corriente continua tienen la particularidad de que pueden ser aplicados en máquinas industriales comunes, ya que los sistemas eléctricos suministran un tipo de corriente alterna, además en aplicaciones de tipo acero, minas, trenes es conveniente este tipo de motor porque transforma la corriente alterna en directa para hacer uso de los motores en cd; además el momento de torsión-velocidad de los motores en cd pueden estar dentro de un amplio intervalo, sin perder su eficiencia y efectividad.

Existen diferentes tipos de máquinas eléctricas, tales como:



**Generador.** - Transforma cualquier clase de energía, la más usada es la energía mecánica que es convertida en eléctrica.

**Transformador.** - Modificación de alguna de las características de energía eléctrica ya sea la tensión, intensidad de corriente o potencia

**Receptor.** - Todo tipo de energía, que recibe la energía eléctrica la convierte, como los motores. (Villalba, 2011).

Es decir que tanto el generador, como el transformador y el receptor son parte de las maquinarias eléctricas las cuales pueden utilizar un motor de corriente continua.

El giro de un motor se genera a la interacción de “los dos circuitos magnéticos que tiene al campo magnético del estator y al campo magnético de la armadura” (Climaco, 2010); la ley de la fuerza de Lorentz.

### **Piezas del motor de corriente continúa**

El motor de corriente tiene dos piezas específicas que son:

- Rotor
- Estator



**Ilustración 26. Partes del motor DC**  
Fuente: (todorobot, 2011)

Dentro de los componentes del motor de corriente continua:

- Escobillas y porta escobillas
- Colector
- Eje
- Núcleo y devanado del rotor
- Imán Permanente
- Armazón
- Tapas o campanas. (todorobot, 2011)

Es así que tanto el rotor como el estator, incluyen sus piezas específicas, como se detalla a continuación:

El Rotor incluye

- Eje
- Núcleo y devanado
- Colector

Según Sosa (2011) detalla:

**Eje:** Formado por una barra de acero fresada. Imparte la rotación al núcleo, devanado y al colector.

**Núcleo:** Se localiza sobre el eje. Fabricado con capas laminadas de acero, su función es proporcionar un trayecto magnético entre los polos para que el flujo magnético del devanado circule.

**Devanado:** Consta de bobinas aisladas entre sí y entre el núcleo de la armadura. Estas bobinas están alojadas en las ranuras, y están conectadas eléctricamente con el colector, el cual, debido a su movimiento rotatorio, proporciona un camino de conducción conmutado.

**Colector:** Denominado también conmutador, está constituido de láminas de material conductor (delgas), separadas entre sí y del centro del eje por un material aislante, para evitar cortocircuito con dichos elementos.

El eje está formado por una barra de acero, mientras que el núcleo se localiza sobre el eje, además de que está fabricado con capas laminadas de acero; en cuanto al devanado, está constituido por bobinas de tipo aisladas y entre el núcleo, que se encuentran dentro de las ranuras; en cuanto al colector se ubica sobre los extremos del eje del rotor, y esta gira cuando está en contacto con las escobillas.

El estator incluye las siguientes piezas

- Armazón
- Imán permanente
- Escobillas y porta escobillas
- Tapas. (todorobot, 2011)

En cuanto al estator, sabiendo que este incluye la parte fija de la máquina, la función consiste en suministrar el flujo de tipo magnético que es usado por el bobinado del rotor, y gira.

Las piezas que incluyen el estator son:

- **Armazón:** Denominado también yugo, tiene dos funciones primordiales: servir como soporte y proporcionar una trayectoria de retorno al flujo magnético del rotor y del imán permanente, para completar el circuito magnético.
- **Imán permanente:** Compuesto de material ferromagnético altamente remanente, se encuentra fijado al armazón o carcasa del estator. Su función es proporcionar un campo magnético uniforme al devanado del rotor o armadura, de modo que

interactúe con el campo formado por el bobinado, y se origine el movimiento del rotor como resultado de la interacción de estos campos.

- **Escobillas:** Las escobillas están fabricadas de carbón, y poseen una dureza menor que la del colector, para evitar que éste se desgaste rápidamente. Se encuentran albergadas por la porta escobillas. Ambos, escobillas y porta escobillas, se encuentran en una de las tapas del estator. (todorobot, 2011)

En cuanto a la función de las escobillas, se encuentran laboradas por carbón, además posee la dureza menos que la del colector, con la idea de evitar el desgaste, además se encuentra en la porta escobillas y escobillas, donde se encuentran en una de las tapas del estator.

### **Características de los motores de corriente continúa**

Un motor funciona con carga cuando está arrastrando cualquier objeto o soportando cualquier resistencia externa (la carga) que le obliga a absorber energía mecánica. Así pues, en este caso, el par resistente se debe a factores internos y externos. Por ejemplo: una batidora encuentra resistencia cuando bate mayonesa; el motor de una grúa soporta las cargas que eleva, el propio cable, los elementos mecánicos propios de la grúa; un motor de un coche eléctrico soporta numerosas cargas: el peso de los pasajeros, el peso del propio vehículo, la resistencia que ofrece la superficie del terreno. (Villalba, 2011). Además, un motor puede funcionar en vacío, porque el motor no está arrastrando algún tipo de objeto ni tampoco soporta resistencia externa, así el eje gira con libertad y no se conecta con ningún otro mecanismo.



**Ilustración 27. Motores de corriente continúa**  
**Fuente: (Ortega, 2011)**

### **Clasificación de motores de corriente continua**

- Motor de excitación independiente
- Motor en serie
- Motor en derivación
- Motor Compound

El motor de excitación independiente es tal que el inductor y el inducido se alimentan de dos fuentes de energía independientes.

- El motor serie es tal que los devanados del inductor y del inducido se encuentran en serie.
- El motor Shunt dispone los devanados inductor e inducido en paralelo.
- El motor Compound consta de dos devanados inductores, uno está en serie con el devanado inducido y el otro en paralelo. (Villalba, 2011).

Es necesario además saber que estos motores de corriente continua, cumplen con los siguientes parámetros: Evolución del régimen de giro (en rpm): es decir, cómo varía la

velocidad de giro en diferentes circunstancias. Potencia eléctrica absorbida por el motor (en kW): da cuenta del consumo de energía. Par motor (en kgf.m): da cuenta de la capacidad de arrastre del motor. Rendimiento: da cuenta de las pérdidas de energía del motor. (Villalba, 2011). Es decir que es necesario definir la evolución del régimen de giro en rpm, además la potencia eléctrica que absorbe el motor está en kW, el par del motor en kgf.m.

### **Tipos de Motores de corriente continua.**

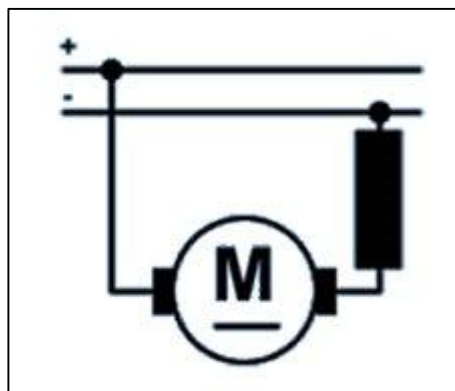
#### **a) Motor serie**

La conexión forma “un circuito en serie en el que la intensidad absorbida por el motor al conectarlo a la red (también llamada corriente de carga) es la misma, tanto para la bobina conductora (del estator) como para la bobina inducida (del rotor)”. (Villalba, 2011)

El motor serie cumple con las siguientes características:

- Pueden desarrollar un elevador llamado par-motor.
- Si disminuye la carga del motor también decrece la velocidad y el motor aumenta su velocidad.
- Las bobinas tienen pocas espiras de gran sección.

Los usos que se le puede dar a este tipo de motor van desde el tranvía, locomotora, trolebús, etc.



**Ilustración 28. Motores Corriente Continua Serie**  
Fuente: (Ortega, 2011)

### b) Motor Shunt o de derivación en paralelo

Las bobinas inductoras van conectadas en paralelo (derivación) con las inducidas de este modo, toda la corriente absorbida ( $I$  absorbida) por el motor, una parte ( $I_i$ ) circula por las bobinas inducidas y la otra ( $I_{exc}$ ) por la inductoras. El circuito de excitación (inductor) está a la misma tensión que el inductor. (Villalba, 2011)

El motor shunt cumple las siguientes características:

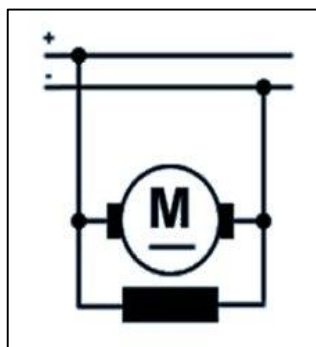
Arranque del motor es menor al motor serie

La intensidad cuando es corriente absorbida disminuye mientras que el motor se encuentra vacío.

En el momento de que el par motor crece, la velocidad de giro también disminuye.

Dentro de las principales aplicaciones de este tipo de motor están:

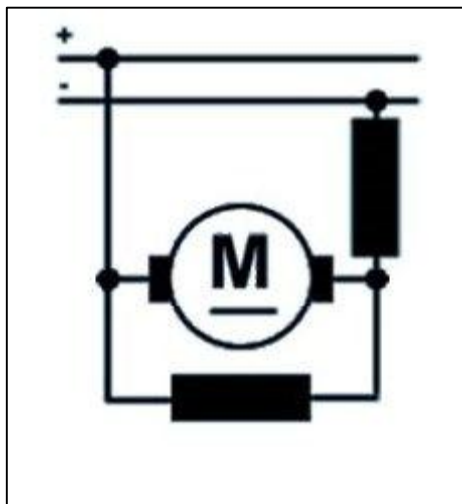
Se usan en aquellos casos en los que no se requiera un par elevado a pequeñas velocidades y no produzcan grandes cargas. Si la carga desaparece (funcionamiento en vacío), el motor varía apenas su velocidad. Se emplea para máquinas herramientas, por ejemplo, un taladro. (Villalba, 2011). Es decir, este motor se usa cuando se necesita un par elevado, pero a baja velocidad, y no puede producir gran carga ni potencia.



**Ilustración 29. Motore Shunt derivación en paralelo**  
Fuente: (Ortega, 2011)

### c) Motor Compound o motor de Excitación

Este motor es una combinación del motor serie y el motor shunt; ya que: Una de las bobinas inductoras está en serie con el inducido, mientras que la otra está en paralelo con él. Una parte de la intensidad de corriente absorbida circula por las bobinas inducidas (y, por ende, por una de las inductoras; mientras que el resto de la corriente recorre la otra bobina inductora. (Ortega, 2011, pág. 20). Una de las bobinas inductoras se encuentra en forma paralela a la otra, ya que este motor se caracteriza por su par de arranque, pero no corre el peligro de trabaja en vacío, donde se ocurre con el motor serie, puede llegar así a un número mayores de revoluciones.



**Ilustración 30. Motores Compound o de excitación**

**Fuente:** (Ortega, 2011)

### Ventajas del Motor de Corriente Continua

- Amplio rango de variación de velocidad
- Dimensiones de acuerdo con ABNT e IEC
- Baja relación peso / potencia
- Alta eficiencia



- Bajo nivel de ruido
- Bajo momento de inercia
- Alta capacidad a cargas dinámicas
- Construcción robusta
- Alta resistencia a vibraciones
- Óptima calidad de conmutación. (Empresa Weg, 2011)

### **Rendimiento de un motor de corriente continua**

Como hemos definido en temas anteriores, el rendimiento de un motor se define como:

$$\eta = \frac{\text{Potencia útil}}{\text{Potencia absorbida}} = \frac{P_u}{P_{ab}} = \frac{P_{ab} - P_{per}}{P_{ab}} = 1 - \frac{P_{per}}{P_{ab}}$$

Potencia útil. - Es menor a la potencia absorbida

P per. - Potencia por las pérdidas en forma de calor

La potencia debida a las pérdidas por efecto Joule, también llamadas pérdidas en el cobre, son  $P_{Cu} = I^2 \cdot R$  Donde I es la intensidad de la corriente que recorre los devanados (Amperios) R es la resistencia eléctrica de los conductores (en Ohmios) La potencia absorbida (Pab) es de origen eléctrico en un motor, mientras que la potencia útil es mecánica, puesto que es la forma de energía que entrega el motor. (Fernández, 2015).

Es decir, cada uno de los subcomponentes tiene una forma de clasificación y medida de cálculo, así existe la potencia absorbida definida como (Pab), que es de origen eléctrico en el motor, y la potencia útil se diferencia por ser mecánica.

### **Aceleración del motor**

En cuanto al voltaje neto, es aquel donde la corriente resultante está limitada por la resistencia R:

$$I = (E_s - E_0) / R$$

Además, cuando el motor está estático, el voltaje inducido, por la corriente eléctrica de arranque es:

$$I = E_0 / R$$

De acuerdo a lo que se incrementa la velocidad, la fem, ( $E_0$ ) se incrementa también, provocando que el valor de ( $E_s - E_0$ ) disminuye. ( $E_s - E_0$ ) aumenta y también la corriente I. La velocidad dejará de disminuir en cuanto el par o momento de torsión desarrollado por la corriente en la armadura sea igual al par o momento de torsión de la carga. De este modo, cuando un motor funciona sin carga, la fem debe ser un poco menor que  $E_s$ , como para permitir que fluya una pequeña corriente, suficiente para producir el par o momento de torsión requerido. (Grupo Sas, 2011).

### **Velocidad de rotación**

Cuando un motor de cd impulsa una carga entre las condiciones sin carga y plena carga, la caída IR provocada por la resistencia de la armadura provocada por la resistencia de la armadura siempre es pequeña comparada con el voltaje de suministro  $E_s$ . Esto indica que la fem  $E_0$  es casi igual a  $E_s$ , por otra parte, ya vimos que  $E_0$  puede ser expresada por la ecuación:  $E_0 = Z_n\Phi/60$ . (Grupo Sas, 2011).

Reemplazando  $E_0$  por el  $E_s$ , obtenemos.

$$E_s = Z_n\Phi/60$$

$$\text{Es decir. } n = 60E_s / (Z\Phi) \text{ (aprox.)}$$

Donde.

$n$  = velocidad de rotación rpm

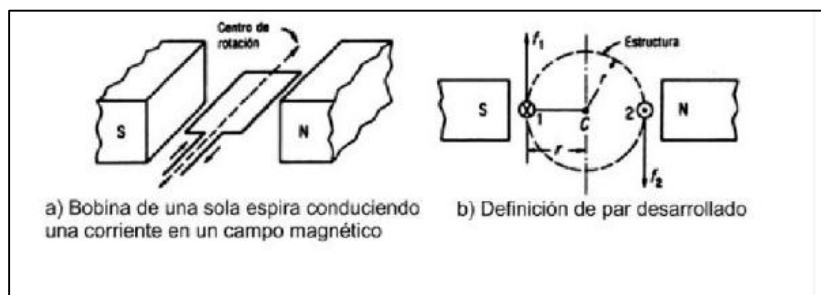
$E_s$  = voltaje de la armadura [V]

$Z$  = número total de conductores en la armadura. Esta importante ecuación muestra que la velocidad del motor es directamente proporcional al voltaje suministrado a la armadura e inversamente proporcional al flujo por polo, ahora veremos cómo se aplica esta ecuación.

### Descripción de la relación entre par y fuerza

En este aspecto “una bobina de una sola espira montada sobre una estructura que le permita moverse, conduce corriente en un campo magnético. Se produce una fuerza  $f_1$  en el lado 1 de la bobina, lo mismo ocurre en el lado 2 de la bobina desarrollándose una fuerza  $f_2$ .”

(Climaco, 2010)



**Ilustración 31. Fuerza de la bobina**

**Fuente: (Climaco, 2010)**

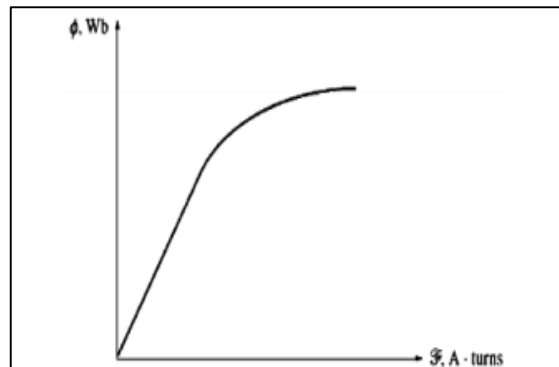
### Curvas de magnetización de una máquina de corriente continua

En un motor generador de corriente continua el voltaje interno se lo conoce como  $E_A$  y se lo calcula según la siguiente ecuación:

$$E_A = K\phi\omega$$

Es así que  $E_A$  es directamente proporcional al flujo en la máquina a la velocidad de su rotación. “La corriente de campo en una máquina CD produce una fuerza magneto motriz de campo dada por  $F = NFIF$ , la cual produce un flujo en la máquina de acuerdo con la curva de magnetización”. (Ricardez, 2014)

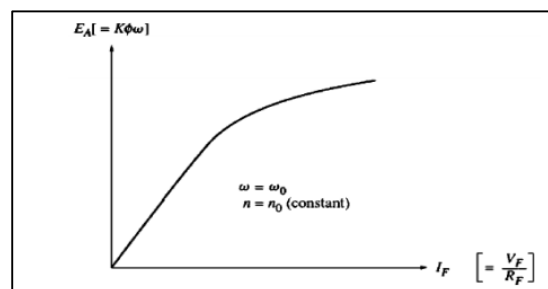
Se detalla la curva de corriente de campo en el gráfico:



**Ilustración 32. Curva de magnetización de un material ferromagnético**

**Fuente: (Ricardez, 2014)**

“Puesto que la corriente de campo es directamente proporcional a la fuerza magneto motriz y  $E_A$  es directamente proporcional al flujo, es costumbre presentar la curva de magnetización como la gráfica de  $E_A$  contra la corriente de campo a una velocidad  $\omega$  dada” (Ricardez, 2014, pág. 83).



**Ilustración 33 Curva de magnetización de una máquina CD**

**Fuente: (Ricardez, 2014)**

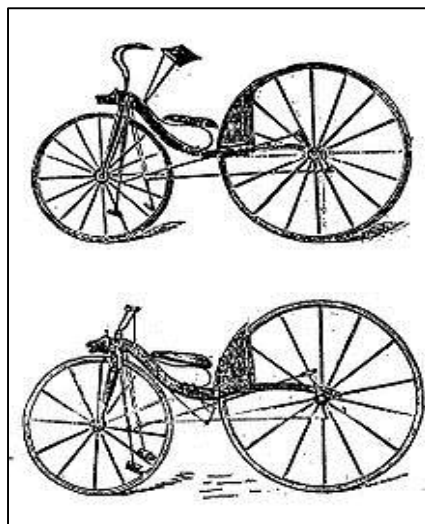
La reacción del inducido es otro efecto interno del motor que también puede afectar la forma de la curva par-velocidad. Si un motor presenta reacción del inducido, el efecto de debilitamiento del flujo reduce el flujo en la máquina a medida que aumenta la carga. La reducción del flujo aumenta la velocidad del motor, a cualquier carga dada. (Ricardez, 2014).

En cuanto a la variación de velocidad lineal del motor, es necesario tomar en cuenta que el motor al par y los otros términos deben mantenerse constantes, cuando se da el cambio de la carga, pues además el voltaje en los terminales es suministrado por la fuente de potencia de corriente continua, y esta pasa a ser constante, en el caso de no ser constante se verán afectadas las variaciones de voltaje y cambiará la forma de la curva par velocidad.

## CAPÍTULO III: FUNCIONAMIENTO, REPARACIÓN DE LA BICICLETA ELÉCTRICA.

### *3.1 Historia y creación.*

En 1839 el escocés Kikpatrik Macmillan fue el creador de la primera bicicleta con un modelo innovador de una rueda de mayor dimensión en la parte delantera y una rueda de menor diámetro en la parte trasera, de ahí comenzaron la derivaciones para distintos usos y aplicaciones, las primeras bicicletas impulsadas con energía ajena al esfuerzo físico, fueron de combustión interna, en los años cuarenta en Francia donde un grupo de jóvenes modificaron una bicicleta para que les ayude a transportarse por las calles de París .



**Ilustración 34. Bicicleta eléctrica**

**Fuente: (Ortega, 2011)**

En 1950 uno de los personajes más emblemáticos y parte latente de la historia de América protagonizó un viaje de 4500 km por todo el continente sudamericano en una Bicicleta impulsada por un motor de combustión interna de fabricación italiana, luego aquel intrépido joven estudiante de medicina se lo conocería como el “Che Guevara” quedando su hazaña de recorrer Latinoamérica en bicicleta plasmada en varias películas las cuales fueron

fuentes de inspiración para muchas personas que hoy en día vuelven a realizar este recorrido en honor a este representativo personaje.

Las bicicletas eléctricas como tal nacieron en 1970 como respuesta a la denominada crisis energética de petróleo de los años ´70s la versión inicial de las mismas era un tanto rústica, pero en la década de los ´90s ganó popularidad con lo que llamaban pedaleo asistido lo que activaba el motor de la bicicleta, sin embargo en varios sitios web circula información, aunque sea poco creíble, la creación de las bicicletas eléctricas se dieron casi en simultáneo con las bicicletas tradicionales y que en la década de 1890 se le dio varios patentes para los motores de las bicicletas eléctricas.

Las bicicletas son vehículos que se adaptan a las necesidades de hoy, cuya estructura básica es la estructura de una bicicleta normal, a la cual se ha acoplado un motor eléctrico para minimizar el esfuerzo en un desplazamiento en especial en subidas, la energía que se suministra al motor proviene de la batería, la bicicleta puede ser considerada como un vehículo 100% ecológico. La idea principal de una bicicleta eléctrica, es permitir al usuario ejercitarse y recorrer mayores distancias en menos tiempo moderando todo el esfuerzo, convirtiéndose así en un medio de transporte rápido eficiente y seguro. Su uso está generalizado en países de Europa del Norte como Holanda, Alemania, y en países escandinavos siendo en China y la India uno de los principales medios de transporte.

La distancia que se puede recorrer con la bicicleta eléctrica depende de algunos factores como: el tipo de batería que se utilice, inclinación de terreno, el viento, peso del conductor, esta innovación permite que el usuario sin importar la edad o estado físicos pueda recorrer

mayores distancias además de ejercitarse y es sobre todas las cosas es una opción para ahorrar combustible y dejar de utilizar los automóviles como transporte.

### 3.2 Evolución de la bicicleta eléctrica

AÑO	CREADOR	DESCRIPCIÓN
1895	Odgen Bolton	Bicicleta de batería de 6 polos de cepillo, colector de corriente continua y con un motor de cubo montado sobre la rueda trasera de la bicicleta.
1897	Oseas W. Libbey	Bicicleta que se impulsaba con motor eléctrico doble. El motor se los montaba en el centro del plato del eje.
1973	Tras Crisis energética de petróleo	Se utilizó para limpiar el problema de escasez del crudo, aunque su modelo parecía un poco tosca y pesada tenía un marco de acero sólido y era un poco aparatosa de transportar.
1982	Elgon Gelhard	Principio de Bicilec Pedalec (pedal electric cycle) en la que el conductor es ayudado mediante tracción eléctrica del motor cuando pedalea.
1993	Yamaha	Inicio de la comercialización modelo bicilec
En el Futuro	GoCycle	Bicicleta Eléctrica plegable que se puede guardar en el maletín y pesa 16 kg
	nCycle	Bicicleta Eléctrica plegable, cuenta con dos baterías y altavoces de bluetooth para conectar con smartphones
	Audi Ebike	Con un peso de 1.5 kg sin contar con motor y baterías y con autonomía de 50 y 70 km, se cree que sería la bicicleta eléctrica más liviana.

**Elaborado por: 1 Jaime Burbano Ortiz**

**Fuente: 1 Tecnocio: Historia de la bicicleta eléctrica**



### ***3.3 La bicicleta eléctrica y su impacto ambiental***

Se dice que las bicicletas eléctricas son el avance tecnológico que ha ocasionado el mayor rescate urbanístico, se trata de una bicicleta convencional pero con un motor eléctrico que facilita el esfuerzo físico que los usuarios realizan al pedalear, gracias a que cada vez la producción de energía está compuesta por energías renovables, el recargo de las baterías para las bicicletas eléctricas quedará con una insignificante huella de carbono, por este motivo, también se les denomina como “Vehículos cero emisiones” ya que se descarta la emisión de los subproductos de combustión, sin embargo no hay que descartar que el uso y el desgaste de las baterías son de alta densidad de almacenamiento ya que son de utilidad limitada.

Según el sitio web de tecnocio, donde se comercian vehículos eléctricos, informa que por cada 10 kms recorridos en un auto se le evita al planeta 500 kg de emisión de dióxido de carbono y por cada 800 kms se evitaría en una bicicleta eléctrica 1.55 kg de hidrocarburos, 11.46 kg de Monóxido de carbono y 0.77 kg de óxido de Nitrógeno.

Al recargar una batería de una bicicleta eléctrica comparada con la de cualquier otro automóvil nos da una ventaja ya que en relación al tamaño se puede utilizar otros recursos o métodos para recargar, existen paneles solares que se puede ubicar en lugares estratégicos de las bicicletas, y en algunas de ellas las baterías son portables, incluso en algunos países ya se han implementado los parques de recarga solar utilizando los paneles fotovoltaicos. Uno de los factores más importantes es que el uso de la bicicleta eléctrica también ayudará al congestionamiento ocasionados en los semáforos y no necesariamente en las horas pico, al recurrir a los pedales de la bicicleta estamos realizando actividad física, lo que se constituye un beneficio para la salud y ayuda a mantenerse en forma.

Un estudio reciente sobre el impacto ambiental de las e-bikes vs otras formas de transporte encontraron que las bicicletas eléctricas son, sobre todo:

- 18 veces más de energía que un SUV
  - 13 veces más de energía que un sedán
  - 6 veces más eficiente energéticamente que el tránsito ferroviario y, de aproximadamente igual impacto para el medio ambiente como una bicicleta convencional.
- Se estima que en 800 kms de recorrido de una bicicleta eléctrica en vez de un vehículo convencional se ahorrarían alrededor de 94 litros de gasolina.

### ***3.4 Uso de la bicicleta eléctrica***

La movilidad urbana en Quito se ha convertido en una pesadilla, es por eso que el medio de transporte que presentamos a continuación como medio alternativo puede ser la solución en conjunto con otras medidas para reducir el caos vehicular en la ciudad de Quito, durante esta investigación se encontraron cifras un poco alarmantes sobre la movilidad en Quito como:

- La tasa de subutilización del vehículo particular en la ciudad se encuentra en 1.7 ocupantes por viaje, lo que provoca grandes desperdicios de energía e inequidad en el uso del espacio Público. (Hurtado,2007).
- Los niveles de ruido en la ciudad se encuentran por encima de lo tolerable (40 decibeles), encontrándose en ciertos sectores como en el centro, y en la Avenida Eloy Alfaro sobrepasan los 90 decibeles. (Hurtado, 2007).
- El parque automotor en Quito es responsable del 98% de las emisiones de Monóxido de Carbono (CORPAIRE, 2008).

- El tiempo promedio de viaje en Quito es de 75,5 minutos, el más alto en entre las principales ciudades de Sudamérica.
- El tipo de transporte público más utilizado en Quito son los Autobuses (68%), el Eco vía y Trole bus (29%) y los taxis (3%). (Ciclopolis 2008).

### ***3.5 Reglas movilidad bicicleta eléctrica***

Según la ley de movilidad urbana de la ATN (Agencia Nacional de Transito), nos dice que las licencias de conducción vigentes deben ser portadas al momento de conducir un auto o motocicleta, existen dos distinciones especiales para este caso:

- a) Cualquier ciclomotor que llegue a los 50cc y que llegue una velocidad de máximo 5.0km/h será necesario portar una licencia o permiso de conducir.
- b) Cualquier motocicleta que sea impulsada por un motor superior a 50cc y supere los 50km/h deberá portar licencia de conducir.

Teniendo en cuenta estas dos distinciones una bicicleta eléctrica no entra en este ámbito, es posible manejar una bicicleta eléctrica sin ningún permiso de conducción, pero existen ciertas normas que son de sentido común para proteger nuestra integridad y no poner en riesgo las seguridades de los demás usuarios de la vía pública.

1. Usar con responsabilidad la bicicleta, no utilizarla en actos donde se ponga en riesgo la vida de los demás usuarios de la vía.
2. El uso del casco debe ser obligatorio, es necesario consultar la reglamentación vigente en la localidad o municipio.
3. Es obligatorio el uso de luces guías mientras se transita por la vía o cinta reflectora.
4. Respetar la ley de tránsito y el reglamento vigente.

5. No se debe conducir bajo el efecto de alcohol o drogas.
6. Al ser usuarios de la vía pública es necesario ser prudente y manejar a la defensiva.
7. Conducir su vehículo con absoluta libertad de movimiento, por lo que se les prohíbe llevar paquetes, bultos u otros objetos que impidan mantener ambas manos en el volante.
8. Abstenerse de sujetarse de otro vehículo en marcha, en las vías públicas.

Hoy en día en Ecuador y en Sudamérica como tal en especial en ciudades importantes como Buenos Aires y Santiago de Chile, son ciudades en las que se observa el uso a gran escala de la bici-moto debido a que se están ensamblando a gran escala en estas ciudades. En China en donde según el sitio web Bici Motos News la bici-moto es un símbolo de este país actualmente, esto se debe a que las personas se están inclinando más a la compra de este medio de transporte a la de un carro, debido a que es la opción más económica y ayuda a con el tráfico que sufren las principales ciudades de China.

### ***3.6 Kit de conversión a una bicicleta eléctrica***

En algunos sitios de compra electrónica en Ecuador se puede adquirir esta bicicleta eléctrica y su precio oscila entre \$1000 y \$2000, sin embargo hay modos de crear tu propia bicicleta eléctrica, adicional del costo de la adquisición inicial se debe tomar en cuenta los costos de mantenimiento y reparación de este producto, en algunos sitios recomiendan un mantenimiento mensual para el cuidado de la batería cada 300 kilómetros dando un costo de \$ 36 mensuales, comparado con un auto, el costo de mantenimiento es muy reducido pero como ya lo vimos anteriormente, existe una gran desventaja, y es que se debe tener muy en cuenta los mantenimientos periódicos ya que encontrar repuestos o personal capacitado para la

reparación es muy escaso. A continuación, detallamos un kit para la implementación a una bicicleta normal con su respectivo valor:

### Kit y Presupuesto de Bicicleta Eléctrica

DESCRIPCIÓN	NOMBRE	PRECIO
	Bicicleta convencional	\$ 200
	4 Baterías	\$ 100
	Motor	\$ 70
	Transformador y cargador	\$ 40
	Cables cobre para unir las baterías	\$ 25
	Cargador para la batería	\$ 95
	Controlador YK42	\$90
	Acelerador con "efecto hall"	\$ 20
	Cadena 3mm y eslabón maestro	\$ 3
<b>TOTAL</b>		<b>643 \$</b>

**Ilustración 35. Kit de presupuesto**  
**Fuente: Investigación propia**

### **Ventajas**

- Tus piernas ya no se esfuerzan el doble, si no que te ayudarás del motor que puede llegar a alcanzar velocidades desde 40km p/h a 80 km p/h, dependiendo el amperaje y el tipo de motor que sea.
- Los motores suelen tener un diseño futurista o retro, acorde al gusto del usuario.
- No necesitas ni licencia ni seguro para usar una.
- Puedes circular normalmente por el carril de bicicletas.
- Beneficio a la salud.
- Eco amigable.

### **Desventajas**

- A diferencia de una motocicleta, la bicicleta eléctrica no tiene acelerador ya que el uso del motor está atribuido a la asistencia del pedaleo.
- El costo de adquisición de una bicicleta eléctrica es mayor que la de una bicicleta convencional.
- En caso de reparación, los repuestos de las bicicletas eléctricas son de difícil adquisición, así como encontrar personal técnico en electrónica.
- En lugares donde el clima suele ser lluvioso hay que tener mucho cuidado ya que puede ocasionar un desgaste apresurado de las piezas eléctricas.



**Ilustración 36. Bicicleta eléctrica reparada**  
**Fuente: Investigación propia**

### ***3.7 Tipos de motores en una bicicleta eléctrica***

El principio de funcionamiento es de igual al que de los motores de corriente continua o alterna, en el cual se establece que si en el conductor por el cual circula corriente eléctrica este tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción al campo magnético, el producto de la interacción de ambos campo magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica (Terán - 2014), en este tipo de bicicletas se montan dos tipos de moteros específicamente:

#### ***3.7.1. Motores tipo Brushless***

Es un motor de corriente continua, este tipo de motores son de tecnología más reciente se podría decir son los que se utilizan a nivel comercial, la diferencia radica en que no necesita escobillas para realizar el cambio de polaridad en su rotor, su conexión se la hace con un mínimo de 3 cables por ende su rendimiento del 80%.



**Ilustración 37. motor Brushless**

**Fuente: (Barrera, 2005)**

#### ***3.7.2. Motores de Escobillas***

La diferencia con el motor Brushless es que tiene más potencia de arranque debido a las escobillas que usa en el rotor y estas a su vez le ayudan a cambiar de polaridad, pero esto es un punto negativo debido a que aproximadamente cada 15.000km se debe realizar un cambio de escobillas debido al desgaste, este tipo de motores tienen una subdivisión:



**Ilustración 38. Foto motor Escobillas**  
**Fuente: (Barrera, 2005)**

### 3.7.3. *Motor instalado en el eje Pedalier*

Su fiabilidad está más que comprobada ya que son mecanismos similares a los de Panasonic y Yamaha, (Teran-2014) una de sus mayores ventajas es que asisten al usuario de forma inmediata ya que están montadas y actúan sobre los pedales directamente, pero por ser un mecanismo pequeño unas de las desventajas es la complejidad del mismo, lo que hace que su reparación y mantenimiento sea costoso.



**Ilustración 39. Foto motor eléctrico instalado en el pedalear**  
**Fuente: (Benavides, 2011)**



#### 3.7.4. *Motor instalado en el buje de la rueda*

Este tipo de motor es más común de encontrar en el mercado ya que se trata de un motor montado en el eje de la rueda, lo que significa que puede ubicarse tanto en la parte posterior como en la delantera, lo que mejoraría y el reparto de energía convirtiendo la bicicleta en una unidad de doble tracción, por ser de uso más frecuente su costo de reparación y mantenimiento es módico.



**Ilustración 40. Foto motor instalado en el buje de la rueda**  
**Fuente: (Barrera, 2005)**

#### 3.7.5. *El controlador*

Esta pieza si bien es cierto no es la más importante, pero es una pieza fundamental del kit de conversión de una bicicleta eléctrica, el controlador es específico para cada tipo de motor de él salen conexiones que se conectan a los distintos mandos de la bicicleta eléctrica.

### ***3.9 Identificación de problemas de una bicicleta eléctrica.***

Es importante realizar un análisis visual del estado de los componentes eléctricos y mecánicos, dentro del historial esta bicicleta eléctrica se puede acotar que ha estado en desuso desde hace 5 años debido que presentó fallas desde el momento de su importación, otro dato para analizar es que esta bicicleta fue traída de China por ende el manual y toda la ficha técnica esta en este idioma.

Los daños o fallas se pueden presentar por sin conexión alguna, fallas en el circuito eléctrico, en la fuente y en el motor eléctrico como tal.

Las zonas de falla que revisaremos son:

- 1) Problemas en la calidad de la alimentación, batería y cargador.
- 2) Defectos en el aislamiento del cableado y cortos a masa.
- 3) Fallos de rotor del motor eléctrico.

#### ***3.9.1 Desarrollo del proyecto***

Una vez identificada y analizadas las posibles fallas es hora de comenzar a descartar las hipótesis; Comenzamos con el desmontaje de los componentes de plásticos de la unidad, máscara, protectores laterales, luces o guías de direccionales debido a que todo obstáculo que se presenta dificulta el análisis de las posibles fallas, hay que tener siempre en cuenta el orden de desmontaje ya que el mismo inversamente es de la manera que se debe volver a armar a la unidad, el orden primordial en una mesa de trabajo puesto que manejamos tornillos y piezas que podrían perderse y esto sería un inconveniente al momento de armar en este caso la bicicleta eléctrica, se recomienda usar fuentes apropiadas para el almacenamiento de pernos, tuercas, tornillos, etc.



**Ilustración 41. Bicicleta eléctrica**  
**Fuente: Investigación propia**

### ***3.9.2 Análisis de falla en el cargado fuente de alimentación.***

Con el multímetro realizamos pruebas del voltaje para ver el estado del cargador y si este cumple con los parámetros de entrega de carga que necesitamos para la alimentación de las baterías que en este caso son 48 v. Encontramos la primera falla debido a que el multímetro marca 17 v en carga de salida y necesitamos como mínimo 48v esto quiere decir que el cargador presenta problemas.



**Cargador de bicicleta eléctrica**

**Fuente: (tuveras.com, 2015)**

### ***3.9.3 Análisis del estado del cableado, continuidad y corto a masa.***

Las fallas más frecuentes pueden darse por cables en mal estado, con una inspección visual se podría descartar si hay un corto o no, un corto a tierra significa que el cable está descubierto en alguna sección y está haciendo contacto en este caso en el metal de la bicicleta eléctrica, esto puede ser crítico cuando se trata de circuitos de mayores amperajes, ya que se quemarán componentes importantes en el mecanismo.

El proceso es simple, pero requiere de tiempo ya que se debe analizar y revisar cada cable que está conectado al controlador el cual es el microprocesador que controla todo el funcionamiento de la unidad, una herramienta muy útil para realizar este diagnóstico es el multímetro con la opción de continuidad, mediante la alarma sonora podemos detectar si un cable está haciendo corto circuito.



**Ilustración 42. Cableado bici-eléctrica**  
**Fuente: Investigación propia**

### ***3.9.4 Análisis de falla en las baterías.***

Para el correcto funcionamiento de la bicicleta eléctrica se dispone de 4 baterías conectadas en serie, las mismas que son cada una de 12v y por deducción y debido a que

cuando la conexión es en serie se suman las cargas deberían darnos el resultado de 48v con un rango de variación de más o menos 2 voltios.

En este caso según los datos que obtuvimos del diagnóstico fueron 17 v, es decir 4 voltios por batería aproximadamente, esta carga no es suficiente para poder prender la bicicleta electrónica, la falta de carga no va a permitir que los accesorios de la unidad funcionen correctamente.



**Ilustración 43. Batería original de fábrica.  
Fuente: Investigación propia**

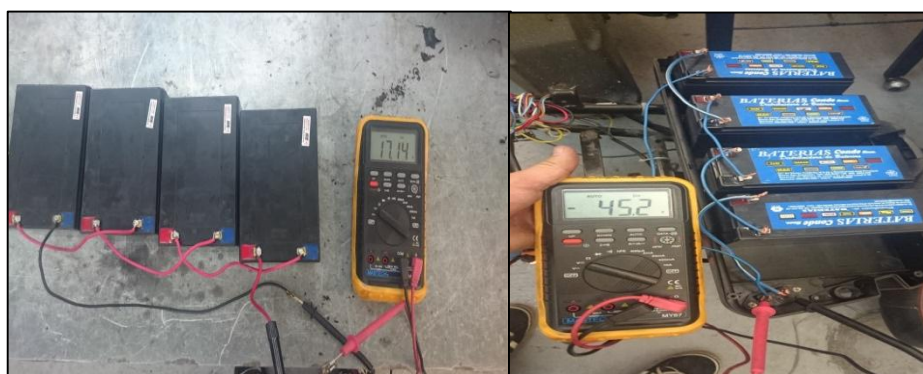
### ***3.10 Reparación de fallas en las baterías.***

Primero se descartó el estado de las baterías, se realizó la carga respectiva durante un período de tiempo de 5 horas, pero el resultado fue negativo las baterías por el tiempo que habían pasado en desuso ya se encontraban dañadas las placas interiores, después de la carga se realizó una comprobación de carga con el multímetro pero el mismo nos indicaba que cada batería estaba por debajo de los 4 voltios, se trató de traducir para ver las características de fábrica pero fue imposible debido al idioma.

La solución fue buscar baterías de las mismas características en el mercado nacional y que cumplieran con las especificaciones de: 12 voltios y con mínimo de 6 amperios, pero en el mercado existen varios tipos:

### Baterías selladas de Plomo Ácido.

Las baterías de plomo ácido es también conocida como Gel, debido a que el electrólito líquido que se usa es gelificado en separadores, humedecido y posteriormente sellado, unas de las características de este tipo de baterías es que son libres de mantenimiento y el uso puede ser en cualquier posición de montaje, sin correr el riesgo de un derrame de ácido.



**Ilustración 44. Conexión de las baterías nuevas**  
**Fuente: Investigación propia**

Las baterías lito o Lion-Ion, son baterías más ligeras y tienen la propiedad de proporcionar un alto voltaje 3v por celda con mayor amperaje lo que proporciona una alta densidad de energía, este tipo de baterías requieren de una instalación con un doble circuito de protección uno para protegerla de la sobrecarga y para evitar que la batería llegue al mínimo de su carga. Optamos por las baterías de litio con la instalación de un fusible para evitar sobrecargas y daños a las piezas eléctricas.



**Ilustración 45. Conexión en serie**  
Fuente: Investigación propia

### *3.11 Reparación fallas en la fuente del cargador*

El cargador fue el primer objeto a ser revisado y reparado. Se observó que el mismo tenía un cortocircuito y sus partes internas estaban quemadas, así como las conexiones y cables, al ser de origen asiático se dificultó la reparación con piezas nacionales.

Posteriormente, se realizó la reconstrucción en una nueva carcasa de un cargador con las mismas características 48 voltios de salida y 2 amperios, con componentes nacionales: fuente, transformador y diodos, el resultado final no fue el esperado.



**Ilustración 46. Construcción de cargador de las baterías**  
Fuente: Investigación propia

### ***3.12 Armado de la bicicleta eléctrica.***

Una vez reparadas las fallas encontradas en la bicicleta eléctrica, se procedió con el montaje de la estructura de los componentes de la bicicleta, en orden opuesto al desmontaje. Comenzamos por los protectores laterales, siempre verificando que las piezas sea la correspondiente al sitio y con los tornillos correspondientes, una falla muy común es siempre es que falten o sobren piezas al momento de arma, una vez colocados los plásticos laterales procedemos con el montaje de las luces guías traseras y direccionales, antes del ajuste fina hay que cerciorarse que funcionan y están debidamente conectados.



**Fuente: Investigación propia**  
**Ilustración 47. Bicicleta con protectores laterales**

Por último, se colocaron los asientos y la base donde asienta la batería, al ser estas piezas de plásticos el torque utilizado no debe excederse ya que podemos romper piezas por exceso de fuerza, luego se procedió a conectar todos los cables como: frenos, pito, luces, direccionales, estos no requieren mucho conocimiento en mecánica ya que son el mismo



mecanismo que usa una bicicleta estándar. Esta bicicleta utiliza un motor instalado en el buje de la rueda trasera inspección que hicimos en la rueda

### ***3.13 Resultado final.***

El proyecto se lo realizó en un lapso de 2 meses, tiempo en el cual me permitió reconstruir desde cero un nuevo adaptador y buscar en el mercado nacional baterías que encajen en la porta baterías de la bicicleta eléctrica y cumplan con los requerimientos del fabricante, los conocimientos adquiridos de electrónica y electricidad fueron primordiales para lograr los objetivos planteados al momento de reparar esta bicicleta eléctrica

**Tabla 3 Comparativa de Baterías.**

	<i>Baterías de fabrica</i>	<i>Nuevas baterías</i>
Tiempo De Carga	2 horas	2 horas
Autonomía	10km	800km
Velocidad Final	15-20 km/h	10km /h
Peso bicicleta	180 libras	176 Libras



**Ilustración 48.Reparación de bicicleta**

**Fuente: Investigación propia**

## CONCLUSIONES

- La bicicleta es un medio de transporte libre de hidrocarburos por ende es amigable con el medio ambiente, el uso de la misma es tendencia en muchas partes del mundo, en especial en países desarrollados como en Europa y Asia, con la ayuda y el soporte de municipio se puede crear una cultura de viabilidad alterna en Quito y Ecuador.
- Sus prestaciones son casi iguales a la de los vehículos de combustión interna pero su uso mejora el estilo de vida en una persona y evita la congestión vehicular, gran parte de la problemática de la salud pública es la obesidad y las enfermedades que se desarrollan a consecuencia de la misma con el uso de este medio de transporte alterno.
- La predisposición global es desarrollar tecnología de recursos renovables, y el uso de un motor eléctrico en una bicicleta ayuda a fomentar e investigar nuevas medidas de transporte.
- En lo que se refiere a la relación peso potencia en un motor eléctrico mientras mayor sea la carga mayor será la energía consumida por el motor, así que es sumamente importante tener en cuenta la relación peso –potencia en el proyecto la potencia de las baterías no eran las adecuadas para el peso de la bicicleta necesitábamos unas baterías de mayor amperaje.
- La carga de las baterías se la realiza a través de un cargador eléctrico, sin embargo, cuando esté falla debe ser primero revisado y luego reparado en base al diagnóstico, para lo cual se deben verificar si habido cortocircuito y sus partes internas se encuentran quemadas, hay que tomar en cuenta que el cargador tiene por lo general 48 voltios de salida y 2 amperios.

## RECOMENDACIONES

- El tema de: movilidad, salud, economía y medioambiente se entrelazan con el uso de este medio de transporte alternativo, pero se debe tomar en cuenta varios factores para que su uso sea agradable y llene todas las expectativas del usuario, el uso o implementación de sistema alternativos de transporte beneficia a toda la sociedad.
- Es necesario que las autoridades municipales del D.M de Quito creen políticas óptimas para el uso, así como leyes de movilidad y espacios aptos para que las bicicletas ya sean eléctricas o no puedan circular con tranquilidad para así mejorar la movilidad en la ciudad de Quito.
- Si se requiere reparar un motor eléctrico es necesario que antes se realice un diagnóstico meticuloso de las posibles fallas ya que como en este caso el único problema fueron las baterías, un buen diagnóstico puede evitarnos numerosas horas de trabajo en vano.
- Si la bicicleta eléctrica va a ser nuestro medio de transporte es necesario saber las característica y límites de las mismas, durante la reparación de la bicicleta eléctrica observamos que el peso del usuario influye en la velocidad y el rendimiento de la misma, en caso de no ser una bicicleta eléctrica y sea una normal se debe conocer sus límites y prestaciones de la misma manera.
- El municipio de Quito emplea constantemente una campaña en contra de la contaminación visual y auditiva es por eso que el uso de la bicicleta eléctrica ayuda a disminuir la acústica del ruido en la ciudad.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

---

### B

#### *Bifásicos*

dos corrientes alternas de igual amplitud desfasadas entre sí un cuarto de ciclo. · 23

#### *buje*

Pieza cilíndrica que reviste por el interior los elementos mecánicos que giran alrededor de un eje. · 68

---

### C

#### *Conductor*

Es la capacidad está dada por la escasa resistencia que ejerce ante el movimiento de la carga eléctrica · 15

#### *corriente alterna*

Corriente eléctrica variable en la que las cargas eléctricas cambian el sentido del movimiento de manera periódica. · 17

#### *corriente continua*

Movimiento de cargas eléctricas a través de un conductor · 17

---

### E

#### *electrólito*

Sustancia o cuerpo que se descompone en la electrolisis. · 72

#### *Energía*

Capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, etc · 16

---

### F

#### *fase*

no lleva corriente y sólo es un elemento de protección por si se deriva corriente de un aparato · 24

---

### H

#### *Hidrocarburos*

Compuesto químico formado por carbono e hidrógeno · 77

---

### I

#### *Imán*

Pieza mineral o metálica que tiene la propiedad de atraer el hierro, el acero y otros cuerpos. · 15

---

*M**Monofásico*

Que está formado por una sola fase. · 22

---

*R**Repulsión*

es Acción y efecto de repeler. · 16

---

*S**Senoidal*

Se refiere a la senoide (la curva que representa la función seno). · 22

---

*T**Trifásico*

tiene tres corrientes eléctricas alternas iguales, procedentes del mismo generador, cuyas fases respectivas se producen a la distancia de un tercio de período. · 24

---

*V**voltios*

Es la unidad derivada del Sistema Internacional para el potencial eléctrico, la fuerza electromotriz y la tensión eléctrica. · 74

## Bibliografía

- Climaco, J. (2010). *Motores de Corriente Directa*. Recuperado el 2017, de Motores de Corriente Directa: <https://es.scribd.com/doc/236921854/MOTORES-DE-CORRIENTE-DIRECTA-pdf>
- Lelyen, R. (29 de 09 de 2011). *Motor eléctrico: ¿Cómo funciona?* Obtenido de <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/2011/09/29/motor-electrico-como-funciona>
- Barrera, I. R. (Agosto de 2005). *GestioPolis*. Obtenido de Calidad en el Servicio: <http://www.gestiopolis.com/canales5/emp/pymecommx/35.htm>
- Benavides, I. L. (2011). *Curso de Mecánica Automotriz Básica*. Quito.
- BERRY, T. H. (1996). Definición de calidad. En T. H. BERRY, *Cómo gerenciar la transformación hacia la calidad total*. (pág. 2). Bogotá: McGraw-Hill.
- Diéz, A. (2013). *Revista de Investigaciones Aplicadas*. Obtenido de <file:///C:/Users/Alex/Downloads/Dialnet-InvestigacionDisenoYPrototipoDeUnaBicicletaElectri-5001677.pdf>
- Empresa Weg. (2011). *Motores de corriente continua*. Perú: weg.
- ESPINA, C. F. (2005). Bases Genéricas de la Gestión de Calidad. En C. F. ESPINA, *Gestión de la Calidad en el Laboratorio Clínico*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- ESPINA, C. F. (2005). Introducción a la calidad, conceptos generales. En C. F. ESPINA, *Gestión de la Calidad en el Laboratorio Clínico* (pág. 7). Buenos Aires: Editorial medica panamericana.
- Fernández, M. J. (2015). *Motores de corriente alterna*.
- GITLOW, H. S. (1989). La calidad. En H. S. otros., *Cómo mejorar la calidad y la productividad con el método Deming*. (pág. 10). Colombia: Norma S.A. .
- Grupo Sas. (2011). *Grupo Sas*. Recuperado el 16 de 05 de 2017, de Grupo Sas: [http://www.casdreams.com/cesf/FOC/FOCELEC10/Motores\\_de\\_Corriente\\_Directa.pdf](http://www.casdreams.com/cesf/FOC/FOCELEC10/Motores_de_Corriente_Directa.pdf)
- H.Wayne. (2000). *Manual del Motor* (1 ed.). Mexico, Mexico: McGraw Hill.
- HOROVITZ, J. (1997). Calidad y servicio: algunas definiciones. En J. HOROVITZ, *La Calidad del Servicio, a la conquista del cliente*. (pág. 1). Madrid: McGraw-Hill.
- HOROVITZ, J. (1997). Introducción. En J. HOROVITZ, *La Calidad del Servicio, a la conquista del cliente*. Madrid: Mc-Graw-Hill.
- Mestre acasa. (2012). *Mestre acasa*. Recuperado el 1 de 05 de 2017, de Mestre acasa: [http://mestreacasa.gva.es/c/document\\_library/get\\_file?folderId=500005540479&name=DLFE-289004.pdf](http://mestreacasa.gva.es/c/document_library/get_file?folderId=500005540479&name=DLFE-289004.pdf)

Meythaler, D. E. (2002). Reseña Histórica del Hospital Carlos Andrade Marín. *CAMBIOS Organo Oficial de Difusión Científica HCAM* , 10.

motor eléctrico. (s.f.). Obtenido de [https://www.google.com.ec/search?q=PRINCIPIO+DE+FUNCIONAMIENTO+DEL+MOTOR+ELECTRICO&dcr=0&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiNhPmZzYLYAhVDPN8KHXSbAX8Q\\_AUICigB&biw=773&bih=575#imgrc=ux9f3b9WbTs3rM](https://www.google.com.ec/search?q=PRINCIPIO+DE+FUNCIONAMIENTO+DEL+MOTOR+ELECTRICO&dcr=0&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiNhPmZzYLYAhVDPN8KHXSbAX8Q_AUICigB&biw=773&bih=575#imgrc=ux9f3b9WbTs3rM):

Ortega, M. (2011). *Motores eléctricos*. Argentina: PUCE.

Ricardez, F. (2014). *Propuesta de material didáctico para la experiencia educativa de sistemas eléctricos de corriente directa*. Xalapa: Universidad Veracruzana.

RIBERA, J. (1997). Definición de calidad. En R. J. otros, *Calidad: Definirla, medirla y gestionarla*. (pág. 14). Barcelona: FOLIO.

SAAVEDRA, E. G. (1991). Control y Autocontrol. En E. G. Saavedra, *El Control Total de la Calidad* (pág. 99). Bogotá: Fondo Editorial Legis.

Sosa, D. (2011). *mailxmail*. Recuperado el 16 de 05 de 2017, de mailxmail: <http://www.mailxmail.com/curso-motores-corriente-alterna/curvas-caracteristicas>

todorobot. (2011). *Motores de corriente continua (DC)*. Argentina: Todo Robot.

tuveras.com. (2015). *tuveras.com*. Recuperado el 16 de 05 de 2017, de [tuveras.com: http://www.tuveras.com/maquinaasincrona/arranquedirecto/arranque.html](http://www.tuveras.com/maquinaasincrona/arranquedirecto/arranque.html)

Vandelvira, A. d. (2011). *Motores de Corriente Alterna*. Colombia.

Villalba, H. (2011). *Motores de corriente continua*. México.