

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO A PARTIR DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA CINÉTICA EN ENERGÍA ELÉCTRICA, PARA ACONDICIONAMIENTO DE LUCES REFLECTIVAS EN UNA BICICLETA

Autor (es)
Lizeth López Castro

Universidad de Cundinamarca
Ingeniería Electrónica
Cundinamarca
Fusagasugá, Colombia
2019

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO A PARTIR DE LA

TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA CINÉTICA EN ENERGÍA ELÉCTRICA, PARA ACONDICIONAMIENTO DE LUCES REFLECTIVAS EN UNA BICICLETA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de
ingeniero electrónico

Autor:
Lizeth López Castro

Director:
MsC Carlos Montufar Benavides

Línea de investigación:
Transformación de energías: Energías alternativas

Universidad de Cundinamarca
Ingeniería Electrónica
Cundinamarca
Fusagasugá, Colombia
2019

Agradecimientos

Primeramente gracias a Dios por todas las bendiciones que hasta el día de hoy ha dado a mi vida, por gozar de buena salud y cumplir un sueño más en mi vida.

A mi esposo por su sacrificio y esfuerzo, porque siempre me apoyo incondicionalmente para poder llegar a ser profesional, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

A mi hijo, eres mi gran orgullo y mi gran motivación, me impulsas a cada día superarme y ofrecerte siempre lo mejor

A mis padres y mi abuelita por todos los buenos valores que me inculcaron, por colocarme en una hermosa familia de la cual siempre he sentido su amor, apoyo y enseñanza.

Agradecer a todos nuestros profesores por el apoyo, los consejos que nos brindan, por la formación y enseñanza.

Contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1. CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA	12
■ PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
■ OBJETIVOS DEL ESTUDIO	14
■ JUSTIFICACIÓN	15
■ ALCANCES Y LIMITACIONES	16
2. MARCO REFERENCIAL	17
■ ENERGÍA ELÉCTRICA	17
■ BICICLETA	18
■ PROTOTIPOS COMO GENERADOR ELÉCTRICO DE LA BICICLETA	20
■ IMÁN	23
■ BOBINAS	30
■ GENERADOR ELÉCTRICO	32
■ TIPOS DE GENERADORES.	34
■ CAMPO MAGNÉTICO	39
■ INDUCCIÓN MAGNÉTICA	40
■ INTENSIDAD DEL CAMPO MAGNÉTICO	40
■ INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA	41
■ FUERZA ELECTROMOTRIZ	41
■ LEY DE FARADAY – LENZ	41
3. CAPÍTULO 3. DISEÑO METODOLÓGICO	45
■ METODOLOGÍA	45
4. CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	73
Anexos	74
Bibliografía	82

Bibliografía82

Índice de figuras

Figura 1. Comparativo entre los años 2017-2018 de índice de accidentalidad Nacional en usuarios de bicicleta	13
Figura 2. Nokia Biycle Changer.	20
Figura 3. Dinamo de maza.	21
Figura 4. Biologic Reecharge.	22
Figura 5. Cargador eólico	22
Figura 6. Imán de ferrita	24
Figura 7. Formas de imán de alnico.	25
Figura 8. Formas y tamaño imán samario.	27
Figura 9. Formas y tamaño imán de neodimio.	28
Figura 10. Funcionamiento de una bobina para producir corriente eléctrica.	31
Figura 11. Flujo del imán permanente.	32
Figura 12. Flujo de la suma de los conductores sobre el estator	33
Figura 13. Y Figura 14. Campo magnético sobre ele estator	33
Figura 15. Generador sincrónico.	34
Figura 16. Rotor de seis polos salientes en máquina sincrónica	35
Figura 17. Rotor de polos no salientes en una máquina sincrónica	35
Figura 18. Distribución de los imanes permanentes en máquinas de flujo radial	38
Figura 19. Distribución de los imanes permanentes en máquinas de flujo axial	39
Figura 20. Medición del campo magnético en el imán	46
Figura 21. Disco de imanes.	47
Figura 22. Grados mecánicos para cada imán.	47
Figura 23. Alambre de cobre.	50
Figura 24. AWG	51
Figura 25. AWG 27Y AWG 22	51
Figura 26. Embobinado casero	52
Figura 27. Procedimiento de la fabricación de las bobinas	53
Figura 28. Disco de bobinas	54
Figura 29. Ángulos mecánicos.	55
Figura 30. Terminales de la bobina	56
Figura 31. Conexión en serie de las bobinas	57
Figura 32. Disco de amanes	58
Figura 33. Acople de disco de imanes	58
Figura 34. Acople de generador	59

Figura 35. Generador acoplado a la bicicleta	59
Figura 36. Esquema de circuito Rectificador y regulador	60
Figura 37. Montado de componentes y soldado en baquela	60
Figura 38. Esquema general de componentes de la linterna recargable	61
Figura 39. Oscilador estable para luces traseras	61
Figura 40. Generador con bobinas calibre AWG 27.	62
Figura 41. Voltaje AC y DC del generador.	62
Figura 42. Voltaje y corriente del generador	63
Figura 43. Funcionamiento del generador	64
Figura 44. Generador	65
Figura 45. Voltajes AC y DC del generador	65
Figura 46. Cuenta kilómetros	66
Figura 47. Grafica relación velocidad y voltaje.	67
Figura 48. Grafica relación voltaje y corriente	68
Figura 49. Distribución de la energía.	69
Figura 50. Luces traseras	70
Figura 51. Parte superior de la lámpara delantera	70
Figura 52. Parte inferior de la lámpara	71
Figura 53. Sistema de luces.	71

Índice de tablas

Tabla 1. Grados mecánicos para cada imán.	48
Tabla 2. Número de vueltas de las bobinas	50
Tabla 3. Velocidad y voltaje.	67
Tabla 4. Velocidad y corriente	68

Resumen

Los generadores de flujo axial son los que se encuentran a mayor frecuencia con disposición, la principal característica de estos generadores es su capacidad de entregar su energía eléctrica a bajas o altas revoluciones, con una eficiencia aceptable. (Claudio-Medina, 2017). El presente trabajo involucra la investigación y el trabajo de campo del diseño de un generador a partir de bobinas y de imanes de Neodimio. Después de diseñar y construir el generador se plantearon las pruebas de funcionamiento, con la finalidad de ser utilizado posteriormente para un sistema de luces en una bicicleta. La característica principal del generador es el campo magnético, el cual generado por sus imanes de Neodimio.

Se determinó que el voltaje de este generador en corriente alterna nos da como resultado hasta 8 voltios y la corriente es de 300 miliamperios, se hace un circuito rectificador y regulador de 5v en corriente continua para el sistema de luces.

Se realizan pruebas de voltaje y velocidad, corriente y velocidad, de carga y descarga de batería, del funcionamiento de la lámpara trasera y delantera.

Abstract

The axial flow generators are those that are most frequently available, the main characteristic of these generators is their ability to deliver their electrical energy at low or high revolutions, with acceptable efficiency. (Claudio-Medina, October 27, 2017). The present work involves the research and field work of the design of a generator from Neodymium coils and magnets. After designing and building the generator, the functional tests were proposed, with the purpose of being used later for a lighting system on a bicycle. The main characteristic of the generator is the magnetic field, which is generated by its Neodymium magnets.

It was determined that the voltage of this generator in alternating current results in up to 8 volts and the current is 300 milliamps, a rectifier and regulator circuit of 5v in direct current is made for the lighting system.

Voltage and speed, current and speed, battery charge and discharge tests, the operation of the rear and front lamp are performed.

Introducción

La demanda creciente de combustibles fósiles, junto a la disminución de sus reservas, ha desatado un continuo aumento de los precios que afecta a la economía mundial. Además, el uso de estos combustibles produce gases, como el dióxido de carbono (CO₂), cuyo efecto invernadero provoca el incremento de la temperatura de la superficie del planeta. (Ideam, 2017)

El aprovechamiento de los recursos energéticos no convencionales en los últimos años se ha desarrollado principalmente con la intención de disminuir el uso de combustibles, a mediana y pequeña escala la tendencia mundial cuando se habla de energía eléctrica utilizando energías alternativas. El cuidado del medio ambiente, la viabilidad económica y el consumo energético han motivado a utilizar fuentes de energía renovables como la energía eólica, solar y biomasa, entre otras.

Además de la contaminación que provocan las energías basadas en combustibles fósiles, se tiene el problema que son recursos no renovables. En la actualidad tenemos a nuestro alcance distintos tipos de tecnologías que nos facilitan nuestro modo de vida. Sin embargo, toda esta tecnología requiere energía eléctrica para su funcionamiento. Hoy en día existe la necesidad de encontrar formas de generación de energía que no produzcan un impacto negativo en el medio ambiente.

Para ayudar a reducir costos y minimizar el mantenimiento tanto como sea posible, Un diseño adecuado para un generador con flujo Axial, se basa en dos piezas retóricas que se ubican lateralmente solidarias al eje de la máquina.

1. CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA

1.

■ PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la capital del país es la ciudad con más kilómetros en ciclovías a nivel nacional, “(de los 2.513 kilómetros de ciclo ruta que hay en el continente, Bogotá tiene 392, lo que la convierte en la ciudad con la mayor cantidad de vías para el tránsito de ciclistas. La capital de Colombia supera a las ciudades como San Pablo (271) y Buenos Aires (130); y es lugar donde más personas se desplazan en bicicleta diariamente, pues se realizan alrededor de 611.000 viajes, mientras que en Santiago de Chile se hacen 510.000 y en la Ciudad de México 433.000)” (Semana, 2019). Esto con lleva a que sea la ciudad con más biciusuarios por día. Según las autoridades unas de las causas de mayor accidentalidad en las noches es la falta de equipamiento de luces en la bicicleta que permitan que ser visible para otros actores viales.

En (RCN, 2017), según las autoridades y transporte de Bogotá, solicitan los biciusuarios a tomar medidas de seguridad y protección para evitar accidentes. Dentro de esta medida recomienda utilizar elementos reflectivos, sistemas luminosos y no realizar maniobras peligrosas. También reportan que el 42% de la mayoría de los accidentes donde se ven involucrados ciclistas ocurren en horas de la noche.

En la figura 1, se presentan valores para cada categoría de actor vial en Colombia haciendo una comparación entre los años 2017 y 2018; donde presenta las cifras nacionales de fallecidos y las cifras correspondientes a los lesionados en siniestros viales. Como podemos observar el usuario de bicicleta se encuentra en el cuarta posición de fallecidos y lesionados. En el año 2017 se presentan un total 2898 accidentes que involucran a los biciusuarios, de los cuales 361 ciclistas han fallecido y el número de lesionados es 2537. En el año 2018 podemos observar que las cifras han aumentado a 3160 accidentes, donde 388 usuarios han fallecido y 2772 han quedado lesionados. (Vial, 2019)

Figura . Comparativo entre los años 2017-2018 de índice de accidentalidad Nacional en usuarios de bicicleta



Fuente: (Vial, 2019).

En la investigación de los antecedentes podemos concluir que la transformación de energía cinética a energía eléctrica solamente es utilizada para un dispositivo de carga USB, donde no han llegado a ultimar que un sistema eléctrico es más importante para el bici usuario.

Una de las consecuencias futuras de continuar con la problemática es el aumento en las cifras de accidentalidad, porque no hay una solución eficiente, ni una conciencia de los bicisusuarios de la importancia de equipar su bicicleta por seguridad con mecanismos visibles a otros actores viales sobretodo en horas de la noche.

¿Cómo disminuir el índice de accidentalidad en las vías para los bicisusuarios, a partir de la transformación de la energía cinética a energía eléctrica, mediante la implementación de luces reflectivas?

■ OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.

1.1.

1.2.

1.2.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema eléctrico a partir de la transformación de la energía cinética en energía eléctrica, para acondicionamiento de luces reflectivas en una bicicleta.

1.2.2. Objetivos específicos

- Recopilar información de los generadores de energía eléctrica con el fin de fijar las características del sistema.
- Diseñar un generador de energía eléctrica, utilizando la energía cinética de las ruedas de una bicicleta.
- Implementar un generador de energía eléctrica basado en el diseño obtenido.
- Realizar pruebas de desempeño que permitan obtener la información necesaria para la caracterizar el funcionamiento del sistema.

■ JUSTIFICACIÓN

Colombia se encuentra entre los cinco países con mayor número de usuarios de bicicleta como medio de transporte diario, Bogotá y Medellín son las ciudades que más han desarrollado infraestructura para bicicletas. En Bogotá podemos encontrar que hay más de 835.000 personas que utilizan su bicicleta para movilizarse (**Vergara, 2019**). En la ciudad de Fusagasugá, en la actualidad no contamos con infraestructura para ciclorutas y los biciusuarios transitan por misma ruta que los automóviles, donde se puede producir un alto índice de accidentalidad

La importancia del proyecto radica en el beneficio para aquellas personas que necesitan trasladarse, ya que su medio de transporte tendrá sistema eléctrico (luces traseras y luces delanteras), con esto se lograría un impacto social y económico positivo de tal manera que permita que al biciusuario movilizarse de manera más segura y disminuir el riesgo de un accidente en las vías.

Con el desarrollo de este proyecto se investiga una tecnología basada en la utilización de imanes de neodimio y una bobina, teniendo en cuenta que los imanes producen energía magnética con la rotación de una rueda lo que permite que estos pasen cerca a la bobina, esta captura la energía magnética de los imanes y la transforma en energía eléctrica.

Además de que al utilizar una bicicleta para generar energía eléctrica las ventajas que se presentan debido al aprovechamiento energético son:

- Bajo costo de generación y de mantenimiento
- No requiere combustible
- Ayudan a mantener un buen metabolismo del cuerpo humano

Otra aplicación en la transformación de energía cinética en energía eléctrica se puede dar en bicicletas estáticas, donde la energía eléctrica generada al pedaleo podría cargar baterías, radios, una cámara fotográfica, encender una bombilla, activar ciertos electrodomésticos, etc. La energía eléctrica generada, puede ser utilizada directamente o destinada para el almacenamiento.

La universidad de Cundinamarca contara con un sistema eléctrico para implementar en bicicletas, que le permita producir energía eléctrica a partir de la

energía cinética, este proyecto permitirá impulsar al uso de energía limpia que beneficiara el medio ambiente y un estilo de vida saludable.

■ ALCANCES Y LIMITACIONES

El alcance de este proyecto no solamente está enfocado en diseñar e implementar un sistema eléctrico de luces para una bicicleta, sino que además se espera que se tenga en cuenta por parte de los usuarios para su utilización en la vida cotidiana y también disminuya el índice de accidentalidad en personas. Se espera que este proyecto sea desarrollado en seis meses, donde se suplan las necesidades y expectativas de la investigación.

Se limita a diseñar e implementar un sistema eléctrico de luces para una bicicleta utilizando la energía cinética de las ruedas.

2. MARCO REFERENCIAL

2.

■ ENERGÍA ELÉCTRICA

2.

2.1.

2.1.1. Definición.

La energía eléctrica se manifiesta como corriente eléctrica, es decir, como el movimiento de cargas eléctricas negativas, o electrones, a través de un cable conductor metálico como consecuencia de la diferencia de potencial que un generador esté aplicando en sus extremos. Cada vez que se acciona un interruptor, se cierra un circuito eléctrico y se genera el movimiento de electrones a través del cable conductor. Las cargas que se desplazan forman parte de los átomos de la sustancia del cable, que suele ser metálica, ya que los metales, al disponer de mayor cantidad de electrones libres que otras sustancias son los mejores conductores de la electricidad (Jairo Andrés Bermudez, 2017)

2.1.2. Electricidad y la sociedad.

La energía eléctrica apenas existe libre en la Naturaleza de manera aprovechable. La electricidad tampoco tiene una utilidad biológica directa para el ser humano, salvo en aplicaciones muy singulares, como pudiera ser el uso de corrientes en medicina (electroshock). Sin embargo es una de las más utilizadas, una vez aplicada a procesos y aparatos de la más diversa naturaleza, debido fundamentalmente a su limpieza y a la facilidad con la que se la genera, transporta y convierte en otras formas de energía. Para contrarrestar todas estas virtudes hay que reseñar la dificultad que presenta su almacenamiento directo en los aparatos llamados acumuladores.

La mayor parte de la energía eléctrica que se consume en la vida diaria proviene de la red eléctrica a través de las tomas llamadas enchufes, a través de los que

llega la energía suministrada por las compañías eléctricas a los distintos aparatos eléctricos como lavadora, radio, televisor, etc; que se desea utilizar, mediante las correspondientes transformaciones; por ejemplo, cuando la energía eléctrica llega a una encerradora, se convierte en energía mecánica, calórica y en algunos casos lumínica (Jairo Andrés Bermudez, 2017).

2.1.3. Generadores de energía eléctrica

Actualmente la energía eléctrica se puede obtener de distintos medios, que se dividen principalmente en:

Renovables:

- Centrales termoeléctricas solares.
- Centrales solares fotovoltaicas.
- Centrales eólicas.
- Centrales hidroeléctricas.
- Centrales geo-termoeléctricas.
- Centrales mareomotrices.

No renovables:

- Centrales nucleares.
- Combustibles fósiles.
- Centrales de ciclo combinado (quemadores de gas natural).
- Centrales de turbo-gas.

■ BICICLETA

2.2.

2.2.1. Historia

La paternidad de la bicicleta se le atribuye al barón Karl Drais, un inventor alemán que nació en 1785. Su rudimentario artefacto, creado alrededor de 1817, se impulsaba apoyando los pies alternativamente sobre el suelo. (Pellini, 2018)

2.2.2. Componentes

Existen diferentes tipos de bicicletas (Pellini, 2018), pero básicamente todas son similares, aunque los componentes difieran en calidad, diseño y peso, así como en la agilidad y modalidad de uso, una bicicleta está formada por los siguientes componentes:

Cuadro: El más común, es en forma de rombo, también llamado de diamante o de doble triángulo. Los clásicos eran de hierro o acero; hoy en día, pueden ser de aluminio o de titanio, o incluso de fibra de carbono entre otros materiales.

Horquilla: Pieza formada por el tubo de dirección que sujeta el buje de la rueda delantera; puede ser fija o con suspensión.

Ruedas: Después del cuadro, las ruedas son el elemento de mayor importancia para el rendimiento de la bicicleta

Neumático: El neumático es parte de la rueda y son la combinación de una cubierta protectora, una cámara inflable y la llanta que le da rigidez y sirve de estructura al eje de rodadura de la bicicleta.

Transmisión: Incluye los cambios de marcha externos y cambios internos en el buje de la rueda trasera, ambos manejados por palancas de cambio.

Palanca de cambio: Cambiadores de marchas incluyen cambiadores de puño y cambiadores de pulgar entre otros.

Frenos: Incluye las palancas de freno y sistemas de frenos.

Potencia: La potencia (o tija del manillar), en conjunto con la horquilla delantera, son los componentes de una bicicleta que proporcionan una interfaz entre sí con el tubo frontal del cuadro.

Manillar: Los manillares varían su anchura, los anchos permiten un control a velocidades bajas mientras los estrechos son mejores para velocidades altas, los estrechos además son convenientes en la ciudad para escurrir entre los automóviles

Sillín: De los sillines existentes en el mercado, unos son delgados y ligeros para reducir el peso mientras otros modelos anatómicos están diseñados para el confort.

Tija de sillín: Se denomina tija al tubo de soporte del sillín.

2.2.3. Descripción

Es un medio de transporte sano, ecológico, sostenible y económico, válido para trasladarse tanto por ciudad como por zonas rurales. Su uso está generalizado en la mayor parte de Europa, Asia, China y la India, siendo el principal medio de transporte en éstas. Las bicicletas fueron muy populares en la década de 1890, y más tarde en la de 1950 y 1970. Actualmente está experimentando un nuevo auge creciendo considerablemente su uso en todo el mundo. (Pellini, 2018)

■ PROTOTIPOS COMO GENERADOR ELÉCTRICO DE LA BICICLETA

2.3.

2.3.1. “Nokia Bicycle Charger”

Consta de un soporte para fijar el teléfono al manubrio y una dinamo que se conecta a la rueda de la bicicleta. De esta forma se genera energía eléctrica. Posteriormente, el voltaje se estabiliza para recargar la batería del teléfono mientras el usuario pedalea la bicicleta. Este cargador comienza a recargar la batería a partir de 6 km/hr; la empresa afirma que si el usuario mantiene una velocidad promedio de 10 km/hr durante 10 minutos obtendrá energía suficiente para llamar durante 28 minutos aproximadamente y 37 minutos en modo de espera. (Charger, 2010).

Figura . Nokia Bicycle Charger.



Fuente: (Charger, 2010)

2.3.2. Eco Air.

El cargador de teléfono celular con manivela “Eco Air” funciona de manera sencilla haciendo girar su manivela. Si ésta se gira durante 3 minutos se obtienen 8 minutos de uso del teléfono. Tiene entradas para la mayoría de los teléfonos celulares y se diseñó principalmente para emergencias (Robinson Arevalo, 2017)

2.3.3. Dinamo de maza.

Existe en el mercado una dinamo de maza que sirve únicamente para la iluminación nocturna de la bicicleta. La dinamo de maza se coloca en el eje de la llanta delantera de la bicicleta y se conecta a las dos luces led, la delantera y la trasera. Este dinamo tiene la capacidad de almacenar energía para mantener las luces encendidas durante 4 minutos mientras la bicicleta se encuentra estática. (Robinson Arevalo, 2017)

Figura . Dinamo de maza.

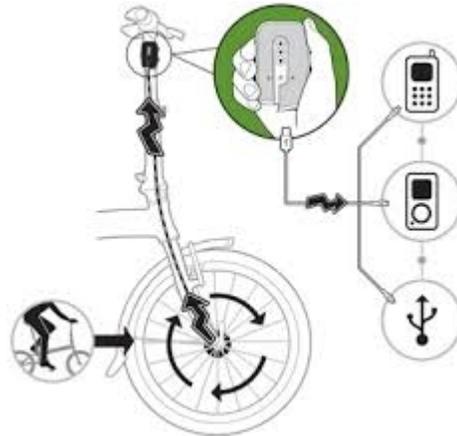


Fuente: (Robinson Arevalo, 2017)

2.3.4. “Biologic Recharge”

Es un cargador de energía mediante pedaleo. Tiene como características una batería de 1600 mAh de polímero de litio. Es compatible con la mayoría de los teléfonos celulares actuales, sin embargo, este producto no incluye el generador. Además, es compatible con cualquier dinamo de maza. El dispositivo controla la energía entrante y saliente. Se carga también mediante un puerto USB de computadora o al enchufarse al tomacorriente. Se utiliza para recargar el teléfono celular, ya sea que se pedalee o no. (Robinson Arevalo, 2017)

Figura . Biologic Recharge.



Fuente: (Robinson Arevalo, 2017)

2.3.5. Cargador Eólico

Se trata de un ingenioso dispositivo acoplable al manillar de una bicicleta o una moto que permite transformar la energía cinética del viento en energía mecánica, generando la electricidad suficiente para cargar un terminal mientras nos dirigimos hacia nuestro destino. (Robinson Arevalo, 2017)

Figura . Cargador eólico



Fuente: (Robinson Arevalo, 2017)

■ IMÁN

Hace más de 2000 años los griegos descubrieron que existían unos minerales capaces de atraerse entre sí y de atraer al hierro y que, además, se orientaban en la dirección norte-sur geográfica. Por otro lado, durante mucho tiempo se sospechó que existía alguna relación entre electricidad y electromagnetismo, pero hasta principios del siglo XIX no se pudo demostrar científicamente. Fueron muchos los científicos que investigaron los fenómenos electromagnéticos, cada uno de ellos realizó su aportación que más tarde otros aprovecharon para enunciar leyes y teorías. Un gran estudioso en este campo fue el físico y químico danés Christian Oersted que en 1813 predijo la existencia de fenómenos electromagnéticos y que años más tarde se demostró gracias a estudios de Ampère y Faraday. El estudio y desarrollo del electromagnetismo ha permitido al ser humano la construcción de electroimanes, generadores de corriente eléctrica, motores, transformadores, cocinas de inducción y un sinnúmero de máquinas e instrumentos de uso cotidiano. Mención especial merece el actual proyecto científico a nivel internacional, el acelerador de partículas del CERN de Ginebra que cuenta con un enorme y potente electroimán, parte fundamental del acelerador de partículas. (IMA, 2019)

2.4.

2.4.1. Tipos de imán

1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

2.4.

2.4.1.

2.4.1.1. Imán de ferrita

Los imanes de ferrita o también llamados imanes de cerámica, tienen un alto nivel de dureza, siendo más frágiles y sensibles a posibles golpes o flexiones del material en alguno de sus procesos de manipulación. Son la solución magnética más económica que podemos encontrar en varias aplicaciones, gracias a sus propiedades y a su bajo coste. Existen dos tipos de imanes de ferrita según su magnetización como: isotrópicos y anisotrópicos, factor que permite crear imanes multipolares. (IMA, 2019)



Figura . Imán de ferrita



Fuente: (IMA, 2019)

- **Ventajas**

Los imanes de ferrita son los más económicos del mercado. Su aspecto visual es de un óxido metálico de color gris oscuro. Tienen una gran resistencia a la corrosión y por lo tanto, son uno de los productos más apropiados para diferentes usos en exteriores gracias a ser inoxidable. También pueden ser expuestos a temperaturas de hasta 250°C. Probablemente sean la mejor alternativa a los imanes de neodimio, ya que no solo resisten a la humedad y a la corrosión, sino que también son resistentes a diferentes tipos de productos químicos.

- **Temperatura de trabajo**

La temperatura de trabajo es un factor a tener en cuenta en los diferentes usos que se le dará al imán. En IMA ponemos a disposición de nuestros clientes una amplia gama de imanes que cubren temperaturas de -40°C hasta los 250°C.

- **Aplicaciones**

Los imanes de ferrita, no son tan fuertes como los de neodimio, pero su resistencia a la corrosión y un rango de temperaturas más grande, ofrecen un gran número de aplicaciones para nuestros clientes.

- Altavoces
- Auriculares
- Sistema ABS
- Sensores
- Alterador
- Amortiguadores magnéticos

2.4.1.2. Imán alnico.

Los imanes de Alnico están formados por una aleación de aluminio, níquel y cobalto. Son imanes muy utilizados en el sector industrial, gracias a sus propiedades y su resistencia a altas temperaturas. Son los imanes con más estabilidad a las temperaturas extremas, por esta razón podemos encontrarlos en el interior de hornos haciendo la función de sujeción o detección. (IMA, 2019)

Figura . Formas de imán de alnico.



Fuente: (IMA, 2019)

- Ventajas

El imán de Alnico es el elemento magnético con mayor estabilidad a temperaturas extremas, es decir, mantienen todas sus propiedades magnéticas entre los -250°C y los 425°C , asegurando una alta resistencia térmica. (En el caso de los imanes de neodimio, la temperatura de trabajo máxima es de 200°C)

Esta aleación compuesta por aluminio, níquel y cobalto, tiene un alto nivel de inducción magnética pero una coercitividad más reducida.

Aunque han surgido nuevos materiales más fuertes y soluciones más económicas, los imanes de alnico siguen incorporando una propiedad especial, poseer un campo coercitivo más bajo que posibilita la magnetización y desimantación, con

bajas potencias eléctricas.

La orientación magnética de estos productos se debe realizar durante su tratamiento térmico, asegurando un campo magnético con la dirección de imantación definida. La fuerza que pueden aportar los imanes de alnico, es la más parecida y comparable a los imanes de neodimio.

Otra gran ventaja, es su resistencia a productos químicos, como ácidos o disolventes, y su buen comportamiento a la oxidación.

El imán de Alnico de herradura, es el producto más conocido gracias a su diseño que es asignado para describir un imán convencional.

- Temperatura de trabajo

La temperatura de trabajo es la particularidad más significativa de este tipo de imanes, elaborados con Alnico.

Presentan una gran estabilidad a las temperaturas extremas, conservando la totalidad de sus características magnéticas en una franja de temperaturas muy extensas que comprende los -250°C a los 425°C , alcanzando un punto de Curie de 850°C

- Aplicaciones

Las elevadas temperaturas con las que puede trabajar los imanes de alnico, junto a la resistencia térmica y su gran fuerza, abre un gran abanico de posibilidades en diferentes sectores industriales. Siendo una alternativa perfecta a materiales como el neodimio o la ferrita

- Motores eléctricos.
- Pastillas de guitarra eléctrica.
- MRI
- Altavoces
- Auriculares

- Sensor aeroespaciales
- Sensores
- Generadores

2.4.1.3. Imán samario.

Los imanes de samario, juntamente con los imanes de neodimio, forman parte del grupo de las tierras raras y representan la nueva generación de materiales magnéticos. Es una aleación de samario y cobalto que obtiene como resultado un fuerte imán permanente. Por este mismo motivo, los imanes de samario, son el segundo material más fuerte después de los imanes de neodimio, pero con temperaturas de trabajo más elevadas y con mayor coercividad. (IMA, 2019)

Figura . Formas y tamaño imán samario.



Fuente: (IMA, 2019).

- Ventajas

Los imanes de samario son elementos magnéticos obtenidos por la combinación de materia prima como el samario y cobalto que pertenecen al grupo de las tierras raras, con excelente comportamiento frente a la corrosión y oxidación. También mantiene una estabilidad a la curva magnética gracias a la elevada temperatura de Curie. Es un material con valores coercitivos muy positivos, factor que favorece la resistencia a la desmagnetización, juntamente con la alta resistencia a temperaturas elevadas (hasta los 350°C) hacen que estos imanes sean indispensables para ciertas aplicaciones.

Es un material con una elevada dureza y debe ser manipulado solo con

herramientas que incorporen diamante, para cortar o modificar el imán.

- Temperatura de trabajo

La temperatura de trabajo puede condicionar la utilización de estos imanes de samario, que trabajan hasta los 350°C, sin presentar problemas con la oxidación. También tiene la particularidad de utilizarse en temperaturas por debajo de los 0°C.

- Aplicaciones

El ámbito de utilización de los imanes de samario es muy similar al del neodimio, obteniendo un gran número de aplicaciones. La capacidad de trabajar altas temperaturas y sus altos valores energéticos, proporcionan diferentes usos como pueden ser sensores en el interior de hornos, detectores en calderas, complementos en motores eléctricos o simplemente para necesidades que requieran una estabilidad térmica. Un material totalmente adecuado y recomendado para el sector industrial.

- Motores eléctricos
- Pastillas de guitarra eléctrica
- Detectores
- Aplicaciones arte y diseño
- Servo motores
- Actuadores

2.4.1.4. Imán de neodimio.

Los imanes de neodimio, junto con los imanes de samario, forman parte del grupo de las tierras raras y representan la última generación de los materiales magnéticos. Dichos imanes poseen propiedades muy superiores a las tradicionales, siendo actualmente los imanes más potentes del mercado. (IMA, 2019)

Figura . Formas y tamaño imán de neodimio.



Fuente: (IMA, 2019)

- Ventajas

Los imanes de neodimio son los elementos magnéticos con mayor remanencia y alta coercitividad. Gracias a sus propiedades magnéticas, el imán de neodimio es el más potente del mercado, siendo el más utilizado en el sector industrial.

Los imanes de neodimio en igual tamaño con otros imanes, como los de ferrita, son más fuertes, incluso en algunos casos, siendo de menor tamaño, pueden soportar más fuerza.

- Temperatura de trabajo

La temperatura es uno de los factores a tener en cuenta en la aplicación del imán.

Actualmente en IMA disponemos de una amplia gama de imanes que cubren temperaturas de los 80°C hasta los 200°C en Neodimio, a partir de los 200°C hasta los 350°C, tenemos la alternativa de los imanes de Samario

Una protección adicional para el imán de neodimio, asegurará el mantenimiento y durabilidad a largo plazo, evitando perder sus propiedades y una posible corrosión mediante agentes químicos externos o atmosféricos.

La solución es el recubrimiento del imán por medio de un revestimiento que puede estar elaborado en diferentes materiales como epoxi, níquel, zinc, cobre y otros.

De esta forma, el imán puede soportar temperaturas más bajas y evitar su oxidación.

- Aplicaciones

El conjunto de propiedades magnéticas que ofrecen los imanes de neodimio permite obtener múltiples aplicaciones, mediante una gran fuerza y un mejor rendimiento que otros materiales como la ferrita o el alnico:

La fabricación de este imán por sintonización, nos permite conseguir una amplia variedad de diseños y formas, para cubrir las necesidades de los clientes

- Motores eléctricos
- Turbinas eólicas
- Discos duros
- Discos duros
- Altavoces
- Auriculares
- Escáner rayo magnéticos
- Sensores
- Generadores
- Separador magnético

■ BOBINAS

Michael Faraday descubrió el principio de inducción, la ley de la inducción de Faraday, en 1831 e hizo los primeros experimentos con la inducción entre los rollos de alambre. La bobina de inducción se inventó por el científico irlandés y católico sacerdote Nicolás Callan en 1836 en el St. Patrick's College, Maynooth, Fue mejorada por William Sturgeon y Charles Grafton Page. Las primeras bobinas tenían interruptores de manivela, inventados por Callan y Antoine Masson. El interruptor automático de "Martillo" se inventó por C. E. Neef, P. Wagner, y J. W. M'Gauley. Hippolyte Fizeau introdujo el uso del condensador de enfriamiento. Heinrich Ruhmkorff generó mayores voltajes aumentando considerablemente la

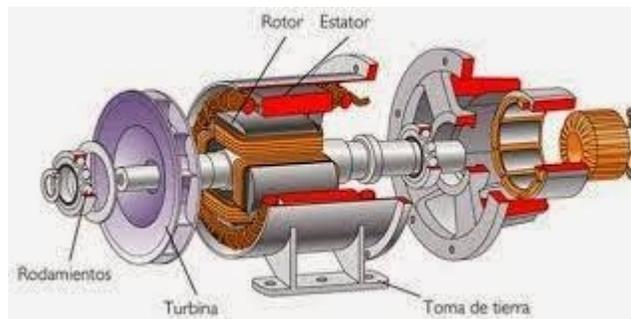
longitud, en algunos rollos que usan 5 o 6 millas (10 km) de alambre. (Dobrzanski, L.A. (2007). En la década de 1850, después de examinar un ejemplo de una bobina de Ruhmkorff, que produjo una pequeña chispa de alrededor de 2 pulgadas (50 mm) cuando está activado, el inventor americano Edward Samuel Ritchie percibió que podría hacerse más eficaz y podría producirse una chispa más fuerte rediseñando y mejorando su aislamiento secundario. Su diseño propio dividió el rollo en secciones, cada uno dividida una de la otra. La bobina de inducción de Ritchie demostró ser superior a otros diseños de la época, en un principio la producción de una chispa de 25 cm de longitud; versiones posteriores podrían producir un tornillo eléctrico de 60 cm o de más longitud (Oviedo 2005). La historia completa de la invención de Page de la bobina de inducción en su versión moderna se cuenta en Robert Post, "la física, Patentes, y la política: una biografía de Charles Grafton Page" (Science History Publications, 1976). En 1857, se exhibió uno de los rollos de la inducción de Ritchie en Dublín, Irlanda a una conferencia de la Asociación británica, y después en la Universidad de Edimburgo en Escocia. Ruhmkorff se compró una bobina de inducción de Ritchie, utilizando sus mejoras en su propia obra. La bobina de inducción Callan fue nombrada IEEE de Milestone en 2006 (Oviedo 2005). (generadores, 10)

2.5.

2.5.1. Que es una bobina

La bobina por su forma (espiras de alambre arrollados) almacena energía en forma de campo magnético. Todo cable por el que circula una corriente tiene a su alrededor un campo magnético generado por la mencionada corriente, siendo el sentido de flujo del campo magnético el que establece la ley de la mano derecha. Al estar la bobina hecha de espiras de cable, el campo magnético circula por el centro de la bobina y cierra su camino por su parte exterior. (Les merveilles 1867). (generadores, 10).

Figura . Funcionamiento de una bobina para producir corriente eléctrica.



Fuente: (generadores, 10).

2.5.2. Las bobinas frente a la corriente continua

Cuando se hace circular una corriente continua a través de una bobina esta se comporta, a efectos resistivos, como un hilo conductor y ofrece al paso de la misma una resistencia que dependerá del material conductor (cobre, plata, aluminio, etcétera). Pero, además, una bobina sometida a la variación que supone pasar de estar con sus extremos al aire a ser conectada a una diferencia de potencial genera a su alrededor un campo magnético, de algún modo igual al generado por un imán permanente (Oviedo, 2005 (Harper)).

■ GENERADOR ELÉCTRICO

Los generadores cambian la energía mecánica en energía eléctrica; en tanto que los motores cambian la energía eléctrica en energía mecánica; los generadores y motores eléctricos son muy parecidos, de hecho, están constituidos de la misma forma general y, ambos, dependen de los mismos principios electromagnéticos para su operación.

Al primer principio se le llama acción del generador y se le conoce también como de inducción. El voltaje se puede inducir en un conductor que se encuentra dentro de un campo magnético, esto sucede cuando el flujo magnético se corta por el conductor. En algunos casos, se mueve el alambre; en otros se mueve el campo, y aun en otros, ambos se mueven pero a distintas velocidades.

Este principio toma energía mecánica para producir el movimiento, este produce la electricidad por ser generada.

El segundo principio, es el llamado la acción del motor, este es simplemente las fuerzas mecánicas entre imanes. Cuando dos imanes (o electroimanes) se aproximan el uno al otro, uno es atraído o repelido con respecto al otro, algunos

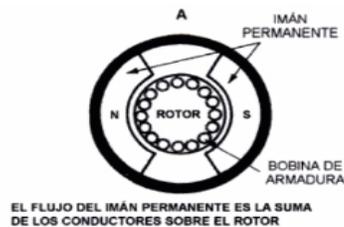
motores usan un imán permanente y un electroimán, otros, usan dos electroimanes; de cualquier manera, la energía eléctrica crea al menos uno de los campos magnéticos, entonces, las fuerzas entre los dos campos magnéticos producen el movimiento. (Harper)

2.6.

2.6.1. Devanados y campos en el generador

Se muestran cuatro tipos de generadores. Para generar electricidad se debe empezar con un campo magnético principal, entonces, este campo se debe cortar por un conductor, el campo principal se puede producir por un imán permanente que puede ser parte del estator, como se muestra en la figura 11.

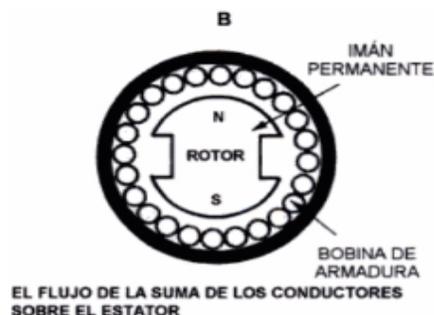
Figura . Flujo del imán permanente.



Fuente: (Harper)

O puede ser el rotor como se muestra en la figura 12. Donde el campo principal puede ser un campo electromagnético en lugar de un imán permanente, la bobina que lo produce se le llama el devanado de campo, o simplemente el campo.

Figura . Flujo de la suma de los conductores sobre el estator

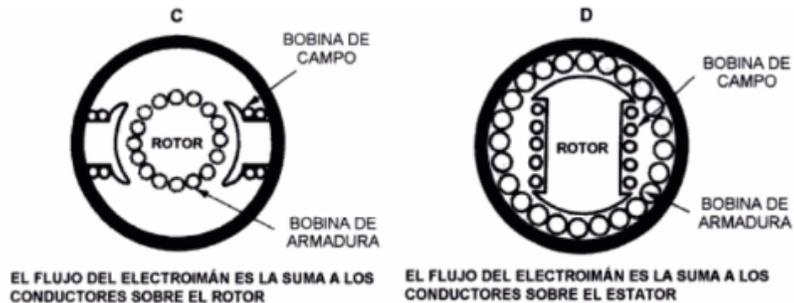


Fuente: (Harper)

El campo se puede devanar sobre el estator como se muestra en la figura 13, o

sobre el rotor como se muestra en la figura 14.

Figura . Y Figura . Campo magnético sobre ele estator



Fuente: (Harper)

Los conductores en los que se induce la electricidad, forman el devanado de armadura, en los generadores de corriente directa, el devanado está sobre el rotor o parte giratoria; sin embargo, en los generadores de corriente alterna para ciertas aplicaciones, el devanado de armadura está en la parte estacionaria (estator). (Harper)

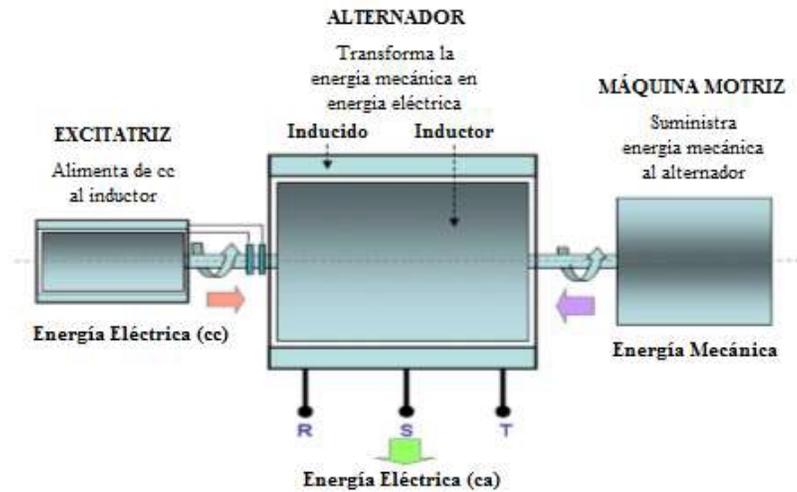
■ TIPOS DE GENERADORES.

2.7.

2.7.1. Generador Síncronico.

Los generadores síncronicos o alternadores son máquinas síncronas que se emplean para transformar potencia mecánica en potencia eléctrica. En este tipo de generadores se suministra una corriente DC al devanado del rotor, lo cual crea un campo magnético, entonces, el rotor del generador gira mediante el acople de una máquina primaria y produce un campo magnético giratorio dentro de la misma, el cual induce en los devanados del estator del generador un grupo trifásico de voltajes. En las máquinas síncronas los devanados de campo (devanados que producen el campo magnético principal en la máquina) están sobre el rotor, creando los polos magnéticos. En esencia, el rotor de un generador síncronico es un gran electroimán. (Chapman, 2012).

Figura . Generador sincrónico.

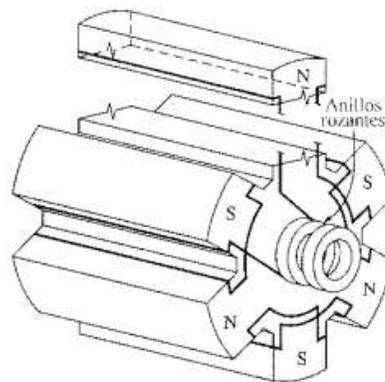


Fuente: (Chapman, 2012)

Los polos magnéticos del rotor pueden ser construidos salientes o no salientes.

El rotor de polos magnéticos salientes quiere decir que estos, están proyectados hacia afuera de la superficie del rotor, son utilizados para motores térmicos o turbinas hidráulicas para sistemas de baja velocidad.

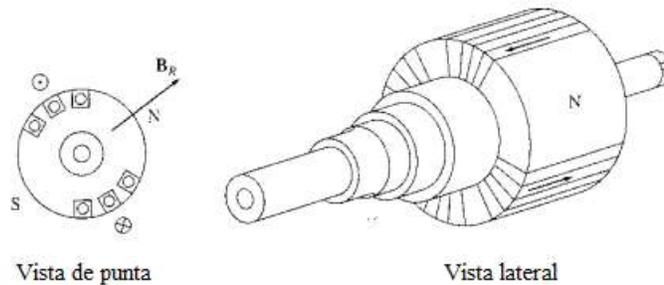
Figura . Rotor de seis polos salientes en máquina sincrónica



Fuente: (Chapman, 2012).

Mientras que los rotores de polos no salientes, poseen un rotor construido con sus polos al mismo nivel de la superficie del rotor y son utilizados para turbinas de vapor y gas, estos grupos son llamados turboalternadores. Pueden girar a 3000, 1500 o 1000 rpm en función de los polos que tenga.

Figura . Rotor de polos no salientes en una máquina síncrona



Fuente: (Chapman, 2012).

Se los conoce como generadores síncronos a los generadores eléctricos que tienen sincronismo en su frecuencia eléctrica (f_e) y su velocidad de giro de campo magnético (f_m), de acuerdo al número de polos magnéticos (encargados de generar el campo magnético que atraviesa las bobinas).

La frecuencia del voltaje generado está dada por la relación:

Ecuación . Frecuencia eléctrica

Fuente: (Chapman, 2012).

Dónde:

- f_e : Frecuencia eléctrica (Hz)
- P : Número de polos (obligadamente es par)
- n : Velocidad mecánica del rotor (rpm)

Esta fórmula es independiente del número de fases del generador, no olvidar que cada fase del generador es una bobina o un grupo de bobinas de $P/2$ polos, que liga el flujo magnético del rotor del generador.

Como se explicó anteriormente estos generadores producen un campo magnético giratorio dentro de los mismos, para inducir en su bobinado una diferencia de potencial, la forma en que induce la tensión puede diferir, y se distinguen por tanto entre rotor bobinado e imanes permanentes.

2.7.2. Generador Síncrono de Rotor Bobinado.

Estos generadores se caracterizan por la necesidad de alimentar el devanado inductor con una tensión continua, éste devanado está situado en el rotor y es accesible mediante unos anillos rozantes, los cuales requieren un frecuente mantenimiento. (Chapman, 2012)

Existen dos principales tipos de sistemas de excitación:

2.5.

2.6.

2.7.

2.7.1.

2.7.2.

- El sistema de excitación propia.

Implica la necesidad de un generador de corriente continua para alimentar el devanado inductor. Este tipo de sistemas están prácticamente en desuso, implica un incremento en los costos de mantenimiento, debido a que se debe dejar fuera de servicio, mientras se realiza el mantenimiento de este generador adicional.

- El sistema de autoexcitación.

Excitación sin escobilla, consiste en alimentar el devanado inductor a través de un puente rectificador, que presenta la ventaja de ser un equipo más fiable que el generador de corriente continua, usado en el sistema de excitación propia. Para el arranque de este tipo de generador se necesita una fuente independiente de corriente continua.

2.7.3. Generador Síncrono de Imanes Permanentes.

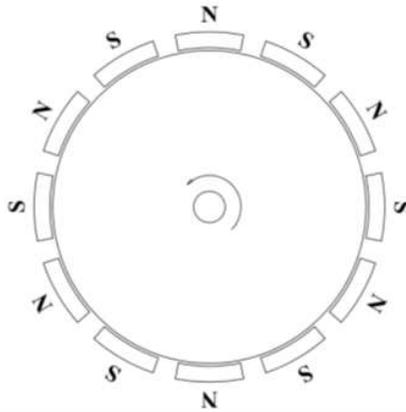
Este tipo de generador produce la inducción del estator mediante imanes que producen el campo magnético. La utilización de este tipo de generador síncrono tiene como ventaja, la eliminación de los anillos rozantes además que elimina las pérdidas en el devanado del rotor. Según la disposición de los imanes y la dirección del campo magnético generado, se distinguen entre varios tipos de generadores de imanes permanentes.

2.7.4. Generador de Flujo Radial.

En los generadores de flujo radial, el grupo de imanes se colocan sobre un cilindro que gira alrededor de su propio eje (Ver *Figura17*). En este caso el campo magnético generado por los imanes es perpendicular al eje de giro, por lo cual crea el flujo en el entrehierro en dirección radial, debido a esto son conocidos como generador de “flujo radial” lo que en realidad significa que el campo magnético es perpendicular al eje de giro o que va en dirección radial.

En este grupo existen dos tipos de estos generadores, los generadores de imanes superficiales y generadores de imanes embutidos. El generador con imanes embutidos, a diferencia del generador de imanes superficiales, tiene los imanes colocados dentro de las ranuras del rotor, permitiendo un mayor flujo entre el rotor y el estator. El generador de imanes permanentes de flujo radial, es la más común de las máquinas de imanes permanentes. Los principales aspectos constructivos de estas máquinas son: el espacio entre estator y rotor radial respecto al eje, y el estator longitudinal con ranuras e imanes montados en la superficie del rotor. (Chapman, 2012)

Figura . Distribución de los imanes permanentes en máquinas de flujo radial



Fuente: (Chapman, 2012)

2.7.5. Generador de Flujo Axial.

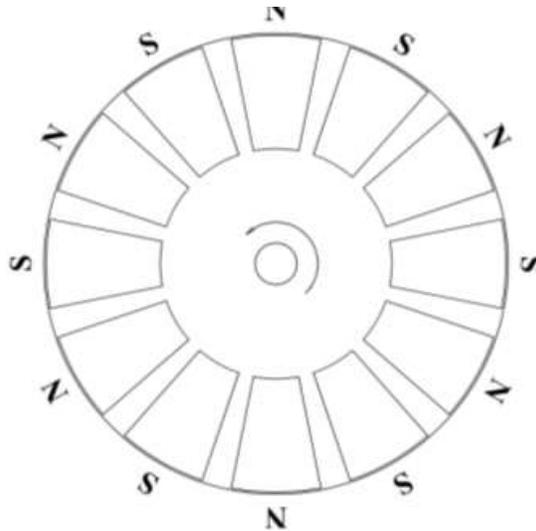
En este tipo de generadores, los imanes son montados sobre un disco de hierro que gira alrededor de un eje perpendicular que pasa por su centro (Ver Figura 19). Es decir, que el campo magnético de los imanes es paralelo al eje de giro, y debido a esto se los conoce como generador de “flujo axial”, lo que quiere decir que el campo magnético es paralelo al eje de giro. El rotor se encuentra en forma de disco, mientras que el estator está ranurado de forma radial, lo que significa que el generador tendrá una disposición más compacta, pero a su vez más difícil de fabricar.

La principal ventaja que presentan estas máquinas es su tamaño reducido para un torque dado, pero surge como desventaja la gran complejidad del núcleo del estator, éste debe ser laminado.

La diferencia que muestra esta topología es el tener un estator bobinado sobre un disco y aparte el disco rotor, que lleva el grupo de imanes permanentes montados superficialmente.

La mayor ventaja de este tipo de generador en relación al anterior, es que el diseño y construcción del estator es más simple, aunque presenta como desventaja, el amplio espacio entre el estator y rotor debido a no tener un estator ranurado para la inserción del bobinado

Figura . Distribución de los imanes permanentes en máquinas de flujo axial



Fuente: (Chapman, 2012)

■ CAMPO MAGNÉTICO

Como se indicó, los campos magnéticos son el mecanismo fundamental para convertir la energía de una forma a otra en motores, generadores y transformadores. Existen cuatro principios básicos que describen cómo se utilizan los campos magnéticos en estos aparatos: (Chapman, 2012)

1. Un conductor que porta corriente produce un campo magnético a su alrededor.
2. Un campo magnético variable en el tiempo induce un voltaje en una bobina de alambre si pasa a través de ella (este principio es la base del *funcionamiento del transformador*).
3. Un conductor que porta corriente en presencia de un campo magnético experimenta una fuerza inducida sobre él (ésta es la base del *funcionamiento del motor*).
4. Un conductor eléctrico que se mueva en presencia de un campo magnético tendrá un voltaje inducido en él (ésta es la base del *funcionamiento del generador*).

La fuerza del campo magnético se mide en Gauss (G) o en Tesla (T). Un campo magnético es un campo de fuerza creado como consecuencia del movimiento de cargas eléctricas (flujo de la electricidad). Las líneas de flujo magnético decrecen a medida que el campo magnético que lo genera se aleja, es decir a mayor distancia de separación menor flujo magnético. (Héctor Barco Rios, 2012)

■ INDUCCIÓN MAGNÉTICA

La inducción magnética (**B**) es un vector que representa el módulo, dirección y sentido del campo magnético en un punto. También denominado densidad de flujo. El campo magnético se representa por las líneas de fuerza o de inducción de manera que el número de líneas que atraviesan perpendicularmente una superficie de área unidad es igual a la inducción magnética en aquella región. El vector inducción es tangente, en cada punto, a las líneas del campo.

Ecuación . Inducción magnética

(Héctor Barco Rios, 2012)

Donde:

B: Inducción magnética (Wb/m²).

μ : Permeabilidad Magnética del material al cual se le está induciendo el magnetismo, para el caso del aire es $\mu = 4\pi * 10^{-7}$ (Wb/m/A)

i : Intensidad de Campo Magnético (*Amperes vuelta / m*)

La inducción magnética (**B**) se expresa en weber por metro cuadrado (Wb/m²) que también se denomina Tesla (T) es decir, 1 T = Wb/m².

■ INTENSIDAD DEL CAMPO MAGNÉTICO

La intensidad de campo magnético i es, de alguna forma, una medida del esfuerzo de una corriente por establecer un campo magnético. (Héctor Barco Rios, 2012)

■ INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Cuando en un circuito tiene lugar una variación de flujo magnético, se induce una

fuerza electromotriz (fem). (Héctor Barco Rios, 2012)

■ FUERZA ELECTROMOTRIZ

Los generadores eléctricos se distinguen por su fuerza electromotriz (fem , \mathcal{E}), que se determina como la energía que provee a la unidad de carga eléctrica para hacerla transitar desde puntos de menor potencial a puntos de mayor potencial. La fem se mide por la diferencia de potencial entre los bornes o terminales del generador, cuando se encuentra en circuito abierto, es decir, no hay existencia de corriente eléctrica. La Unidad de la fem es el voltio. (Héctor Barco Rios, 2012)

Ecuación . Fuerza electromotriz.

Fuente: (Héctor Barco Rios, 2012).

Dónde:

\mathcal{E} : Voltaje inducido en un conductor.

B: Inducción magnética.

l : Longitud del conductor inducido.

ω : Velocidad rotacional del campo.

Siendo ω , l y B mutuamente perpendiculares. La fem se mide en voltios

Cuando B se expresa en teslas (T) o Wb/m^2 , l en (m) y ω en (m/s).

■ LEY DE FARADAY – LENZ

En la ecuación 4, expresamos matemáticamente la relación entre la rapidez de cambio de flujo concatenado, que denominamos con la letra griega, y la fuerza electromotriz inducida. (Serway).

Ecuación . Fuerza electromotriz inducida

Fuente: (Serway)

El signo de la expresión anterior significa que la polaridad de la fuerza electromotriz inducida es opuesta a la de la variación del flujo concatenado. La ecuación 4, describe el fenómeno electromagnético de la inducción, pero requiere definir la dirección para la cual el flujo y la corriente que lo produce son positivos, para aplicar esta ley nos valdremos del principio de Lenz.

Cuando la fuerza electromotriz se induce en un embobinado de N espiras, se suele aproximar el flujo concatenado como el producto de N por el flujo magnético

que cruza a través de una de las espiras, haciendo la consideración que es mismo para todas ellas, de tal forma la ley de Faraday se expresa comúnmente como:

Ecuación . Ley de Faraday

Fuente: (Serway)

Empleamos la ley de Faraday, para calcular la fuerza electromotriz inducida.

Ecuación . Fuerza electromotriz

Fuente: (Serway)

Como $\ell = N$ y $N = 1$ en este caso se tiene.

Ecuación . Fuerza electromotriz

Fuente: (Serway)

Del flujo de la inducción magnética se obtiene la siguiente ecuación.

Ecuación . Flujo de la inducción magnética

Fuente : (Serway)

Y en este caso el flujo magnético es

Ecuación . Flujo magnético

Fuente: (Serway)

Pero al área A , representa aquella por la cual pasa el flujo magnético es decir:

Como el área del circuito en cualquier instante es A , el flujo magnético externo a través del circuito está dado por

Donde x es el ancho del circuito, el cual cambia con el tiempo. Utilizando la ley de Faraday, se encuentra que la *fem* inducida es

Ya que μ_0 son constantes

Por otra parte, v es la velocidad con que se mueve la espira, es decir, la magnitud

de la fuerza electromotriz inducida por el movimiento

Como el generador tiene un número de par de imanes y los polos se encuentran alterados la fem inducida será doble

Ecuación . Fem inducida con polos alterados.

Fuente: (Serway).

Ecuación . Movimiento circular.

Fuente: (Serway)

En la ecuación 11. Tenemos el Movimiento circular, donde es la velocidad angular que se mide en RPS y el radio de giro.

El la ecuación 10. Tenemos una bobina con N números de espiras.

Ecuación . Fem con N números de espiras

Fuente: (Serway)

Despejamos la ecuación 12 para hallar el número de vueltas del embobinado

Ecuación . N del embobinado

Fuente: (Chapman, 2012)

3. CAPÍTULO 3. DISEÑO METODOLÓGICO

Para el funcionamiento del generador eléctrico para la bicicleta, utilizamos unas técnicas de investigación:

- Técnica documental, donde esta técnica nos permite recolectar la información necesaria para poder validar los conceptos y sustentar los parámetros de generadores además de su desempeño, esta técnica la ejecutamos en el marco referencial del proyecto.
- Técnica de campo, que se utiliza en el momento de realizar pruebas de funcionamiento del generador.

Para este proyecto se realizó un generador de flujo axial. Este tipo de generador se compone de las siguientes partes:

- Disco de imanes
- Disco de bobinas

Al unir estas piezas se forma el generador eléctrico. A continuación se mencionarán los detalles de cada parte, así como de sus componentes.

3.

■ METODOLOGÍA

3.

3.1.

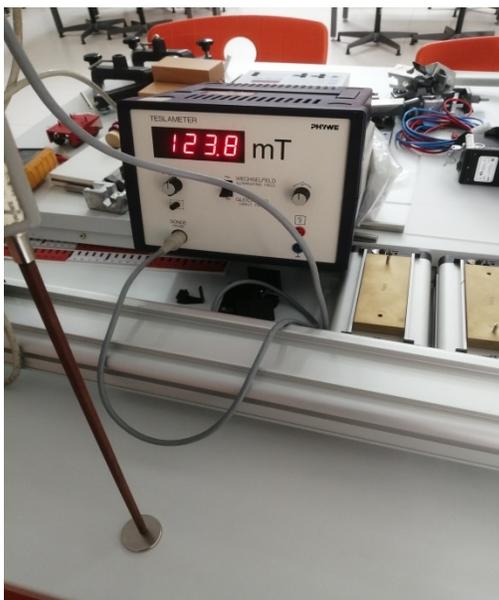
3.1.1. Imanes de neodimio.

Para el diseño del generador se utilizó un imán de neodimio (Nd), Hierro (Fe), y Boro (B) que son los más potentes, además tienen baja resistencia a la corrosión por su recubrimiento con capas finas de níquel y cromo para aislar el material base del ambiente, también porque son imanes con un alto nivel de magnetización, su densidad es un 13 % menor que la de los imanes samario-cobalto (SmCo). (IMA, 2019)

Para la elección del imán se revisaron varios catálogos de diferentes empresas de Bogotá con distintas formas de geometría, características y costos. Para tener una base confiable de la modelación de este generador, se consideran imanes de tipo cilíndrico ya que son comunes y fáciles de generalizar por su geometría. Se escogió un imán de 30 mm de diámetro por 4 mm de espesor. Características generales. (Ver anexo A).

Se escogen 12 imanes de este mismo tipo, con un teslámetro se midió el campo magnético de estos imanes, que fue de 0.123 T.

Figura . Medición del campo magnético en el imán



Fuente: (Autor)

3.

3.1.

3.1.1.

Disco de imanes.

Consiste en un disco de lámina de acrílico de 4mm de espesor por 24 cm de diámetro, en la figura 21 notamos como se coloca el imán a una distancia de 9,5 cm del centro del disco, después se pega el imán con silicona caliente y alrededor se le aplica soldadura epoxica (ver anexo B) y el disco se divide en doce partes iguales.

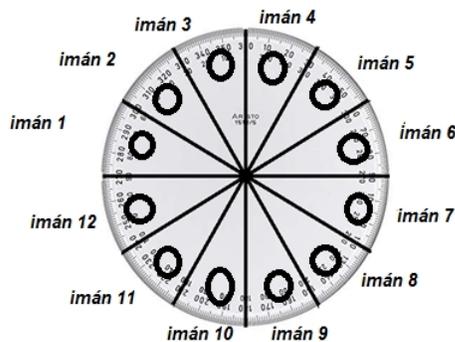
Figura . Disco de imanes.



Fuente: (Autor)

El disco esta perforado en el centro con un diámetro de 5 cm para poder montarlo en el eje de la rueda. Se mueven con velocidad lineal uniforme frente al disco de las bobinas, el número de imanes es par y con los polos magnéticos alternados, primero un norte y después un sur, así sucesivamente hasta terminar todos los imanes. En este caso, y como se ha visto, la *fem* inducida en una espira será justo el doble de la que induciría un solo imán, puesto que cada lado de la espira está siendo atacado por dos imanes de polos opuestos. En la imagen figura 22 y la tabla 1, se aprecia cómo se dividió en doce partes iguales, con una separación de 30° mecánicos de cada imán.

Figura . Grados mecánicos para cada imán.



Fuente: (Autor)

Tabla . Grados mecánicos para cada imán.

Número de imán	Grados mecánicos (M°)
1	30
2	60
3	90
4	120
5	150
6	180
7	210
8	240
9	270
10	300
11	330
12	360

Fuente: (Autor)

3.1.2. Bobinas.

En el proceso para la fabricación de las bobinas se toma en cuenta la ecuación 12, Para encontrar el número de vueltas que necesita cada bobina.

Para determinar el número de bobinas a utilizar en el generador se deberá calcular con la siguiente ecuación:

Ecuación . Numero de bobinas del generador

Fuente: (Chapman, 2012)

Dónde:

N : Número de bobinas.

P : Número de imanes.

Con la ecuación 14 hallamos el número de bobinas a utilizar en nuestro generador,

Tomamos 9 voltios como nuestra *fem* inducida para el generador eléctrico de flujo axial. En la ecuación 14 podemos hallar el voltaje que debe generar cada bobina en el generador.

Ecuación . Voltaje en cada bobina

Fuente: (Chapman, 2012)

Las dimensiones de la bobina quedan determinadas por las medidas del imán ya que la bobina debe proporcionar una sección hueca para el paso del campo magnético por esto la longitud de la bobina se tomó de 5 cm de diámetro para cada bobina. Con los datos obtenidos anteriormente tenemos que la velocidad angular es de 2.5, el diámetro del generador es de 24 cm y por lo tanto el radio de giro es de 12 cm, y el campo magnético de los imanes es de 0.123 T.

Para determinar el número de vueltas a utilizar en el generador de flujo axial se debe calcular con la ecuación 13:

Con los resultado anterior de la ecuación 13 notamos que son muchas vueltas para después acoplar el disco de bobinas a la bicicleta, entonces hacemos los mismos cálculos con 10, 11, y 12 bobinas, tabla 2, sin sobrepasar nuestro número de polos.

Tabla . Número de vueltas de las bobinas

Número de bobinas		Vueltas (N)
9	1 v	271
10	0.9 v	243
11	0.8 v	219
12	0.75 v	203

Fuente: (Autor)

Con la tabla podemos concluir que la mejor opción para nuestro generador es que la bobina no quede muy grande de espesor, que el número de bobinas del generador sea parejo al número de imanes; por esta razón el generador de flujo axial tendrá 12 bobinas y 12 imanes.

Se utilizó para la fabricación de las bobinas el alambre de cobre, llamado comúnmente alambre magneto. Figura 23, Los alambres esmaltados de cobre son utilizados en la construcción de generadores y motores eléctricos, bobinas de campo, balastos para lámparas, bobinas de transformadores de potencia y devanados de arranque de motores eléctricos fraccionarios, etc.

Figura . Alambre de cobre.



Fuente: (Autor)

Hay distintos calibres de alambre de cobre en el mercado figura 24, para elegir su calibre se tomó en cuenta la tabla de calibres AWG (American Wire Gauge). (Ver anexos B) su calibre se mide según el espesor del cable. Cuanto menor sea el calibre, más grueso es el alambre. Esta forma de medir el grosor de un cable se usa específicamente para el alambre que conduce electricidad. El diámetro de cable no incluye el aislamiento exterior, sino solo el alambre conductor del interior.

Figura . AWG

Codigo AWG	Diametro del conductor (mm)	Ohmios por kilometro	Amperaje maximo para distancias cortas	Amperaje maximo para distancias largas
20	0.8128	33.292	11	1.5
21	0.7239	41.984	9	1.2
22	0.64516	52.9392	7	0.92
23	0.57404	66.7808	4.7	0.729
24	0.51054	84.1976	3.5	0.577
25	0.45466	106.1736	2.7	0.457
26	0.40386	133.8568	2.2	0.361
27	0.36068	168.8216	1.7	0.288
28	0.32004	212.872	1.4	0.226
29	0.28702	268.4024	1.2	0.182
30	0.254	338.496	0.86	0.142
31	0.22606	426.728	0.7	0.113
32	0.2032	538.248	0.53	0.091

Fuente : (Robinson Arevalo, 2017)

Para la fabricación del generador, se eligió dos tipos de alambre de cobre, AWG 27 y el AWG 22, para poder observar qué diferencias hay en el de grosor del cable. Figura 25

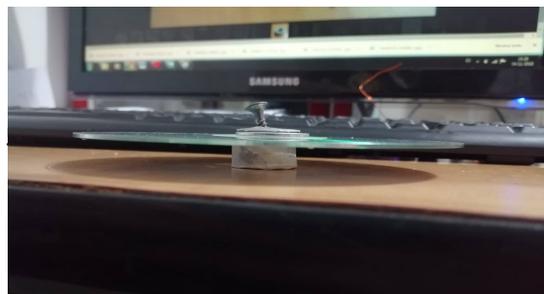
Figura . AWG 27 y AWG 22



Fuente: (Autor)

Para la elaboración de las bobinas se creó un embobinador casero, figura 26. Que consta de un tubo de 1 cm de grosor y dos centímetros de diámetro, un cd (disco compacto), unas arandelas y un tornillo. Se coloca primero el tubo en una tabla, luego el cd, las arandelas y después se ajusta el tornillo.

Figura . Embobinado casero



Fuente: (Autor)

Después de ajustado el embobinador casero procedemos hacer las bobinas. Inicialmente se coge el alambre de la punta, se le da una vuelta a un tornillo que queda al lado del embobinador casero, se deja por lo menos unos 10 cm de cable en los extremos para poder realizar las conexiones del circuito, en seguida se empieza manualmente hacer las vueltas con el alambre y se cuentan 203 giros.

Al completar las 203 vueltas, se debe apartar nuevamente los 10 cm en ese extremo, luego cortamos el cable, desajustamos y quitamos el tornillo, el cd y las arandelas; de esta manera podemos ver nuestro embobinado, finalmente colocamos cinta a los lados del embobinado y sacamos el tubo del centro de la bobina. Se continúa haciendo el mismo procedimiento para terminar las 11 bobinas restantes. Este procedimiento lo podemos ver en la figura 27.



Figura . Procedimiento de la fabricación de las bobinas



Fuente: (Autor)

1.

2.

3.

3.1.

3.1.1.

3.1.2.

3.1.2.1. Disco de bobinas

El disco de las bobinas se hace en lámina de acrílico de 4 mm de espesor y 26 cm de diámetro, este disco también lleva una perforación en el centro de 1,5 cm de diámetro para que sujete el eje de la rueda de la bicicleta y de esta forma ambos discos quedan de frente. Las bobinas se pegaron con soldadura epoxica, (*ver anexos C*), a una distancia de 9 cm del centro del disco al centro de la bobina. Figura 28

En este disco se colocan las 12 bobinas conectadas en serie, el disco se encontrara fijo al marco de la bicicleta en la parte trasera, junto con el disco de imanes este disco de bobinas va uno frente al otro y se obtendrá un voltaje de corriente alterna.

Figura . Disco de bobinas



Fuente: autor

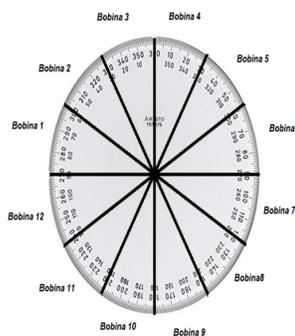
3.1.2.2. Diseño del embobinado

Determinación de los grados mecánicos que le corresponden a cada bobina, suponiendo la primera de ellas como la de origen, es decir, 0° . En la ecuación 16 se muestra cómo se ha calculado el ángulo entre dos bobinas consecutivas. Además, en la tabla 3 se recogen los valores de los ángulos mecánicos correspondientes a cada una de las bobinas. Figura 29.

Ecuación 16.

Fuente: (Harper)

Figura . Ángulos mecánicos.



Fuente: (Autor)

Numero de bobinas	Grados mecánicos (M°)
1	30
2	60
3	90
4	120
5	150
6	180
7	210
8	240
9	270
10	300
11	330
12	360

Tabla . Valores de los ángulos mecánicos

Fuente: (Autor)

Después de pegar las bobinas a la lámina de acrílico, se hace la conexión de las bobinas, que es la que nos determina en primera instancia el voltaje del generador. Cada bobina produce un voltaje en función de cómo se conecten, que pueden ser de dos tipos: en serie y en paralelo. La conexión en serie consiste en unir el final de la primera bobina con el principio de la siguiente para que los voltajes se sumen, por otro lado, para conexión en paralelo los inicios se conectan entre sí y el voltaje resultante es el mismo que el de una bobina, con la diferencia de que se puede conseguir el doble de corriente.

Se elige conexión de las bobinas en serie. Las bobinas deben colocarse en el disco en la misma dirección en que se enrollaron. Para explicar mejor la conexión de las bobinas en la 31, se le colocan números a sus terminales. La terminal que se encuentra en su interior se denomina terminal 1 y la terminal que se encuentra en el exterior de la bobina será la terminal 2.

Figura . Terminales de la bobina



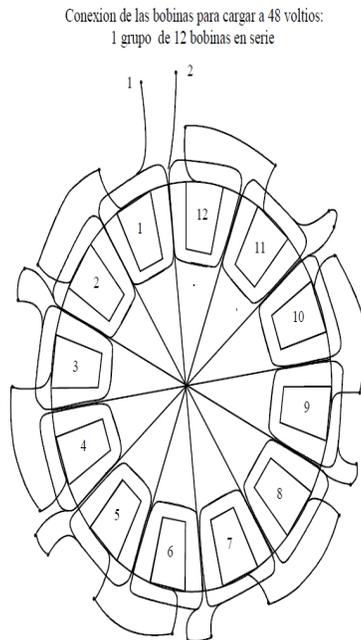
Fuente: (Autor)

La terminal 1 que sale de su núcleo se conecta con la terminal 1 de la bobina 2. La terminal 2 que se encuentra en el exterior de la bobina se deja libre.

La terminal 2 de la bobina 2 se conecta con la terminal 2 de la bobina 3. Se

realizan las conexiones entre bobinas hasta llegar a la bobina 12. Se conecta la terminal 1 de la bobina 11 con la terminal 1 de la bobina 12 y la terminal 2 de esta última bobina se deja libre.

Figura . Conexión en serie de las bobinas



Fuente: (Serway)

➤ Conexiones en serie para la conexión de las bobinas

Para realizar las conexiones de nuestro embobinado se siguió detalladamente el diagrama de conexión mostrado anteriormente, y siempre teniendo en cuenta en lijar los extremos del alambre para retirar el esmalte y enrollarlo con unas pinzas para que no se suelten. Después se realiza los cortes del alambre esmaltado a distancias precisas entre las conexiones de las bobinas interconectados entre sí, para posteriormente poder soldarlas empleando soldadura de estaño, luego se colocó un aislante y protector termoencogible.

Finalmente quedarían dos líneas de alambre del disco bobinas.

➤ Acople del generador

Con el disco de imanes y el disco de bobinas procedemos a acoplarlos para formar el generador en la bicicleta:

1. Se saca la rueda de la bicicleta y se coloca el disco de imanes en el rodamiento de la llanta trasera, este disco va a ir sujeto a los rayos del rin de la llanta, para sujetar el disco se perforaron agujeros al acrílico para sostenerlo con amarres plásticos, puede verse en la 32

Figura . Disco de amanes



Fuente: (Autor)

2. Se colocó un tubo de 1,5 cm para separar el disco de imanes del disco de bobinas, como se muestra en la figura 33.

Figura . Acople de disco de imanes



Fuente: (Autor)

3. Se ponen unas arandelas al tubo, ubicamos el disco de bobinas que quede en frente de los imanes y apretamos el disco de bobinas con arandelas y un tornillo para que quede fijo el generador.

Figura . Acople de generador



Fuente: (Autor)

4. Al terminar de colocar el generador se instala de nuevo la llanta trasera a la bicicleta.

Figura . Generador acoplado a la bicicleta



Fuente: (Autor)

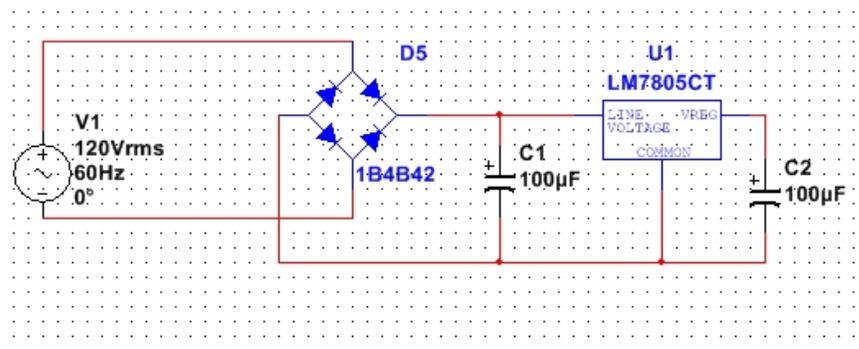
➤ Método de acondicionamiento

El generador de flujo axial nos entrega una corriente alterna, por lo que se necesita un puente rectificador de diodos que permite convertir la corriente alterna (AC) en corriente continua (CC), el papel del rectificador es hacer que la electricidad vaya en un solo sentido.

Para realizar la rectificación se usó un puente de diodos de referencia KBPC610, que es un circuito electrónico usado en la conversión de corriente alterna en corriente continua. Soporta una corriente hasta de 6 amperios. Figura 36

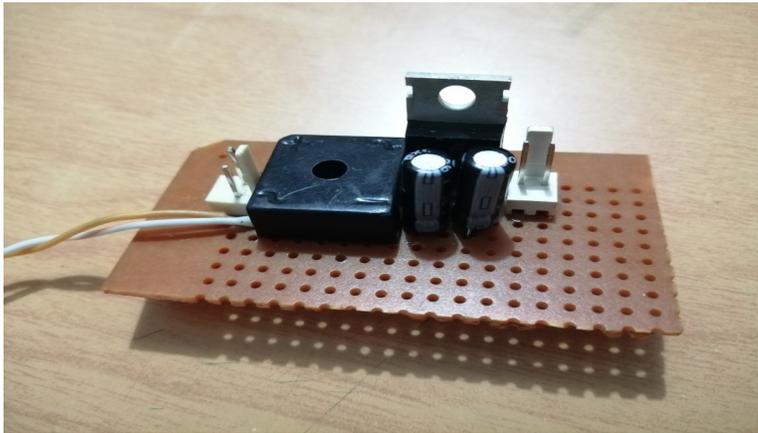
Para regular el voltaje, se utilizó un circuito integrado lm7805, que tiene una capacidad de regular el voltaje a 5v y soporta hasta 1 amperio de corriente, como podemos observarlo en la figura 36

Figura . Esquema de circuito Rectificador y regulador



Fuente: (Autor)

Figura . Montado de componentes y soldado en baquela

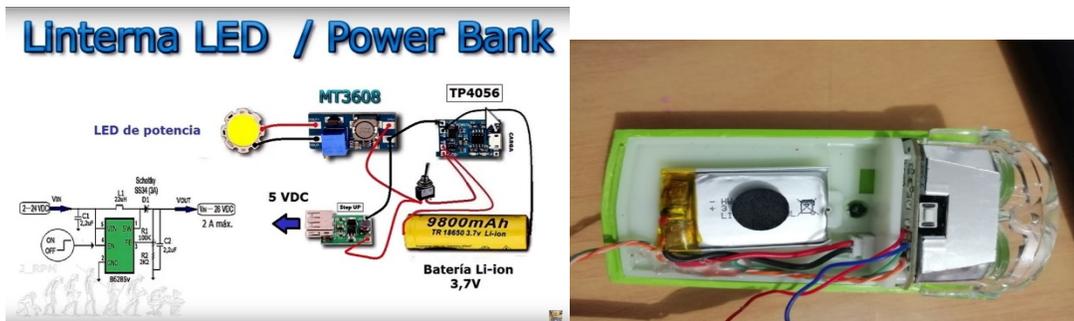


Fuente: (Autor)

- Método de distribución de energía para el sistema de iluminación.

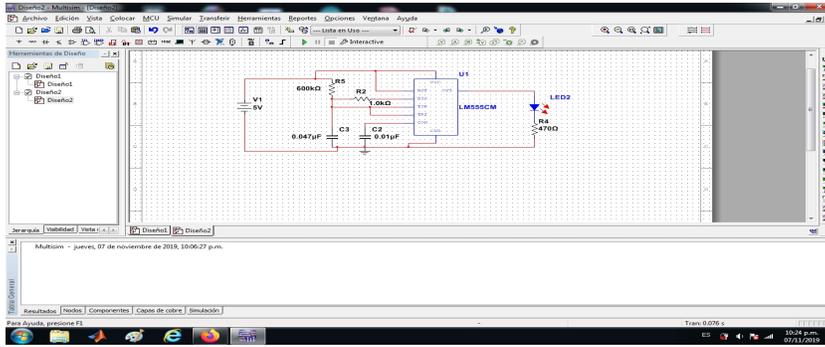
Para el sistema de iluminación se compró una lámpara delantera recargable de bicicleta, figura 38. A la batería de la lámpara se le adaptó un circuito oscilador estable para las luces traseras, figura 39.

Figura . Esquema general de componentes de la linterna recargable



Fuente: (electrónicos, 2017)

Figura . Oscilador estable para luces traseras



Fuente: (Autor)

4. CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Primero se realiza pruebas con el generador de bobinas calibre AWG27.
Figura 40

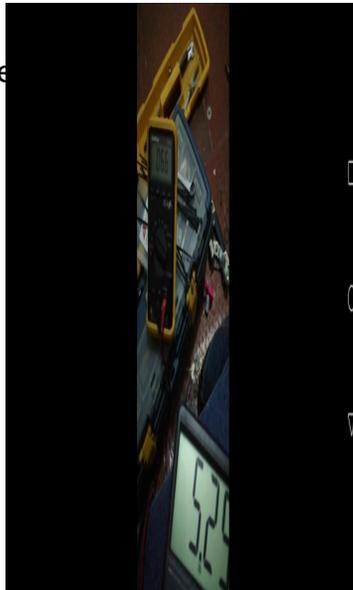
Figura 40. Generador con bobinas calibre AWG 27.



Fuente: (Autor)

Las dos terminales de disco de bobinas se lijan para quitar el esmalte y luego se conecta el multímetro en la parte que se lijo para saber el voltaje en corriente alterna. Se puede observar en la figura 41 el voltaje que genera es 6.9V (AC) y en 5.2V (CC), a 35 km/h que es la mayor velocidad.

Figura . Voltaje AC y DC de



Fuente: (Autor)

Para los cálculos de la corriente, se utiliza el circuito de acondicionamiento donde tenemos el rectificador y el regulador. En la figura 76543 observamos los valores que se obtuvieron, nos generó 6.39 v en voltaje continuo y la corriente que nos genero fue de 8 miliamperios.

Figura . Voltaje y corriente del generador



Fuente: (Autor)

Se hizo pruebas con este voltaje y corriente colocando un led en el circuito y el resultado fue positivo, figura 43. El inconveniente con este generador fue que al conectar varios led en paralelo ya no era la suficiente corriente para alimentarlos, también se probó quitando los led y colocando un motor dc de 3 v, pero el resultado fue negativo.

Figura . Funcionamiento del generador



Fuente: (Autor)

Con el generador de alambre AWG 27, se comprobó que nos genera el voltaje deseado, pero que la corriente es muy baja para el sistema de iluminación, ya que un solo led nos consume de 10 a 20 miliamperios según su color. (Ver anexo D).

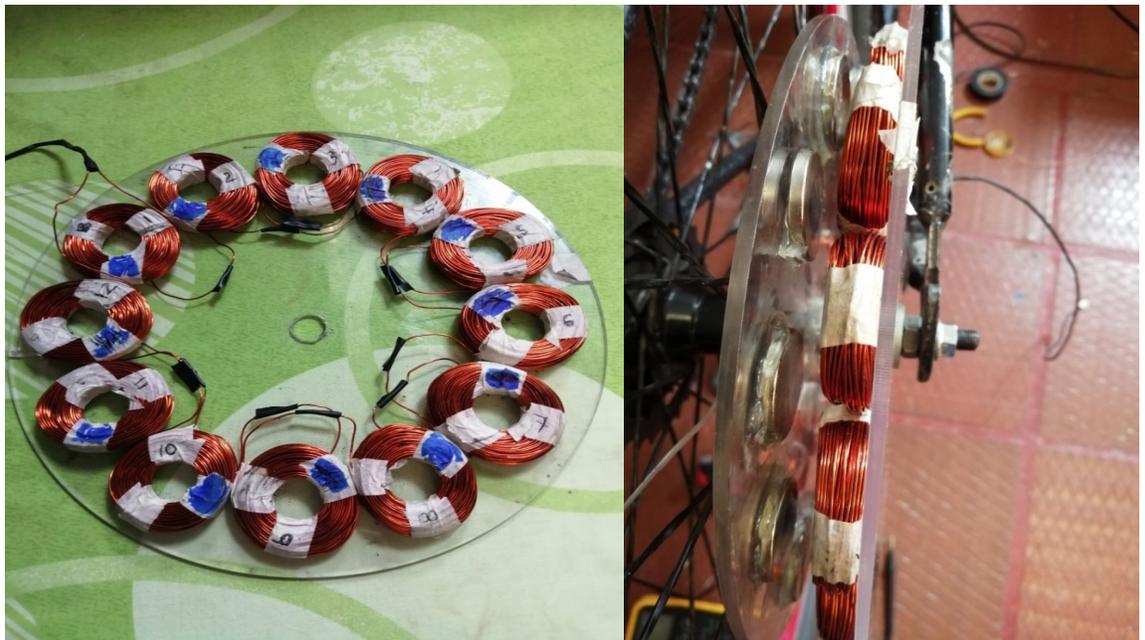
Se concluye: Los cables de mayor diámetro y menos número de calibre, son conocidos como cables de calibre pesado. El corte transversal del cable de calibre pesado opone menor resistencia al flujo de corriente y da lugar a que estos conductores puedan soportar una mayor cantidad de corriente que los cables delgado de calibre ligero con número de calibres mayores. (Avance, 2013)

4.2. Pruebas Generador con alambre AWG 22

Figura . Generador

Fuente : (Autor)

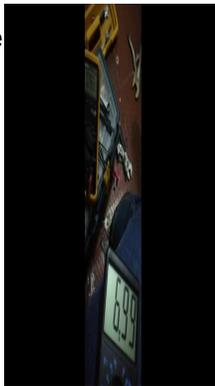
En este generador se hace el mismo proceso de embobinado, los cálculos son los mismos que



el embobinado con alambre AWG 27,

Se realizan las mismas pruebas como podemos ver en la figura 43, tenemos que el voltaje en CA es de 8.6 v y en voltaje CC en 6.9 v, también se toma el cálculo de la corriente es 300 miliamperios, estos cálculos se toman a 35 km/h que es la mayor velocidad de la bicicleta.

Figura . Voltajes AC y DC del ge



Fuente: (Autor)

➤ Pruebas de velocidad y voltaje

Se hicieron pruebas de voltaje y velocidad, para esta prueba se conectó un multímetro al generador, que proporcionaba el voltaje registrado al aumentar de manera paulatina la velocidad de la rueda de la bicicleta impulsando el pedal con la mano. Para los datos de la velocidad se utiliza un cuenta kilómetros, Figura 46, que es imán que se adapta a los rayos de la bicicleta y un sensor que se adapta en al tijera, el sensor es el que toma los datos cada vez que la rueda gire y el imán pase por el frente sensor. El espacio entre el sensor y el imán debe de ser de 5 mm o menos. Él cuenta kilómetros hay que calibrarlo según las pulgadas de la llanta para que me tome los datos perfecto. (Ver anexo E)

Figura . Cuenta kilómetros



Fuente: (Autor)

En la tabla 3. Se muestra los datos obtenidos de la prueba de velocidad y voltaje del generador, y con estos datos se saca una gráfica que ilustra la relación entre velocidad y voltaje. En la figura 47 podemos observar que el voltaje se mantiene constante entre el kilómetro 5 y 21. Posteriormente ocurre una pendiente que vuelve a estabilizarse en 3 voltios entre el kilómetro 23 y 25. Por último se observa otra pendiente que se estabiliza en 5v en el kilómetro 35.

Tabla . Velocidad y voltaje.

VELOCIDAD (KM/H)	VOLTAJE
5	0,001
9	0,002
11	0,004
14	0,007
17	0,17
19	0,332
21	0,631
23	3,01
24	3,1
25	3,25
26	3,34
27	3,9
28	4,12
30	4,2
34	4,64
35	5

Fuente: (Autor)

Figura . Grafica relación velocidad y voltaje.

Fuente: (Autor)

➤ Pruebas de velocidad y corriente

En esta prueba se hace similar a la de voltaje, se mide la corriente entregada por el generador mediante un multímetro. En la tabla 4, podemos ver los resultados. En la figura 48, la gráfica nos muestra como la corriente aumenta de manera proporcional a la de la velocidad, en ningún momento la corriente se estabiliza.

Tabla . Velocidad y corriente

Velocidad (km/h)	corriente (A)
36	0,318
33	0,287
30	0,214
27	0,172
25	0,129
23	0,101
18	0,086
15	0,064
10	0,046
3	0,008

Fuente: (Autor)

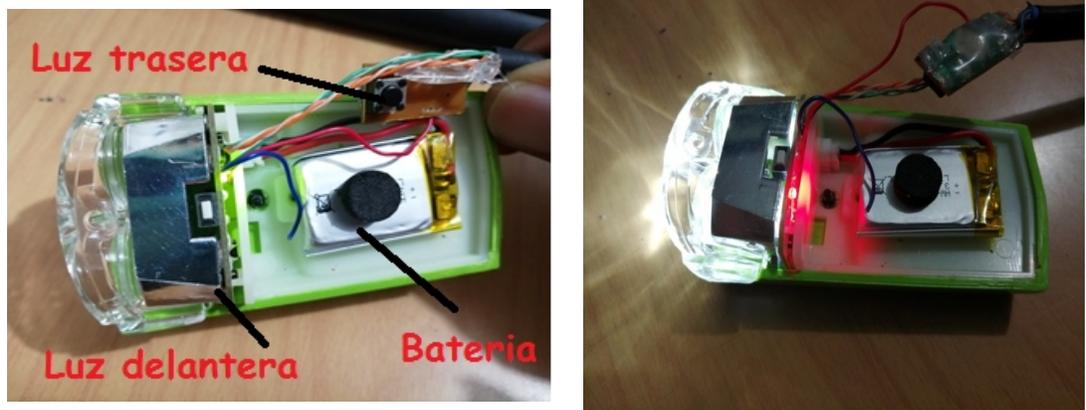
Figura . Grafica relación voltaje y corriente

Fuente: (Autor)

➤ Pruebas del sistema de iluminación

En la figura 44, podemos ver la lámpara delantera recargable. La lámpara utiliza una batería de 5v. A esta batería se le adapta el circuito de oscilación estable para las luces traseras. La batería es la que se utiliza para recargar y distribuir la energía para el sistema de luces de la bicicleta.

Figura . Distribución de la energía.



Fuente: (Autor)

En la figura 50. Podemos observar las luces traseras, estas luces van una caja de acrílico, dentro de la caja también está el circuito rectificador y regulador del generador.

Figura . Luces traseras



Fuente: (Autor)

➤ Pruebas de funcionamiento del sistema de luces

En la lámpara delantera en la parte superior encontramos dos pulsadores para el encendido de las luces como lo podemos observar en la figura 51, el pulsador gris enciende la luz delantera y el pulsador negro nos enciende la luz trasera. En la parte inferior de la lámpara encontramos puerto micro USB, que es que utilizamos para cargar la batería, este se puede conectar y desconectar. Figura 52.

Figura . Parte superior de la lámpara delantera



Fuente: (Autor)

Figura . Parte inferior de la lámpara



Fuente: (Autor)

En la figura 53, podemos observar el sistema de luces, en la caja de acrílico encontramos un interruptor que nos sirve para el encendido y apagado del generador, el otro interruptor nos sirve para encender y apagar el voltímetro y el voltímetro nos indica cuando la batería ya está cargada

Figura . Sistema de luces.



F
u
e
n
t
e:
(
A
u
t
o
r
)

- Pruebas carga y descarga de batería.

Cuando la batería se encuentra completamente descargada se requiere de un tiempo aproximado de 4.5 a 5 horas a una velocidad promedio de 36 km/h para que la batería llegue a su carga máxima.

El tiempo de descarga es de aproximadamente de 3 horas teniendo todo el sistema de luces encendido.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Al finalizar el proyecto, cubrió los resultados propuestos en los objetivos que era diseñar un generador para bicicletas aprovechando la energía que se genera en el pedaleo para un sistema de luces.

El diseño del generador debe favorecer la protección de las bobinas e imanes y mantener constante la distancia entre ellos. Ya que al acoplar el generador a la cicla no hay mucho espacio, para un generador de un espesor grande.

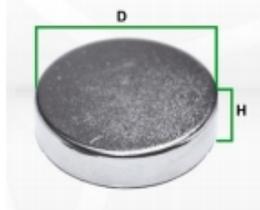
La unión entre los discos fue complicada, se cuidó el grosor de las bobinas, sin embargo, esta distancia no fue constante y hubo roces entre los discos, por lo tanto se consideró abrir un poco más la tijera

Aunque el generador funciona, se debe mejorar la corriente para poder conectar otros dispositivos.

Se realizaron pruebas que permite observar el comportamiento del generador, la acumulación de energía en la batería y distribución de carga.

Anexos
Anexo A

Dimensiones, Circular



- CIRCULAR

Dimensiones disponibles en mm

GRADO	D	H
35	3	0.8
35	4.5	1.6
35	5	2
35	5	3
35	6	2
35	8	2
35	8	3
35	10	1
35	10	2
35	12	1
35	12	2
35	12	3
35	15	2
35	15	4
35	18	2
35	18	3
45	18	4
35	21	2
35	25	2
35	25	3
35	25	4
35	30	4

ANEXO B

Codigo AWG	Diametro del conductor (mm)	Ohmios por kilometro	Amperaje maximo para distancias cortas	Amperaje maximo para distancias largas
0000	11.684	0.16072	380	302
000	10.40384	0.202704	328	239
00	9.26592	0.255512	283	190
0	8.25246	0.322424	245	150
1	7.34822	0.406392	211	119
2	6.54304	0.512664	181	94
3	5.82676	0.64616	158	75
4	5.18922	0.81508	135	60
5	4.62026	1.027624	118	47
6	4.1148	1.295928	101	37
7	3.66522	1.634096	89	30
8	3.2639	2.060496	73	24
9	2.90576	2.598088	64	19
10	2.58826	3.276392	55	15
11	2.30378	4.1328	47	12
12	2.05232	5.20864	41	9.3
13	1.8288	6.56984	35	7.4
14	1.62814	8.282	32	5.9
15	1.45034	10.44352	28	4.7
16	1.29032	13.17248	22	3.7
17	1.15062	16.60992	19	2.9
18	1.02362	20.9428	16	2.3
19	0.91186	26.40728	14	1.8
20	0.8128	33.292	11	1.5
21	0.7239	41.984	9	1.2
22	0.64516	52.9392	7	0.92
23	0.57404	66.7808	4.7	0.729
24	0.51054	84.1976	3.5	0.577
25	0.45466	106.1736	2.7	0.457
26	0.40386	133.8568	2.2	0.361
27	0.36068	168.8216	1.7	0.288
28	0.32004	212.872	1.4	0.226
29	0.28702	268.4024	1.2	0.182
30	0.254	338.496	0.86	0.142
31	0.22606	426.728	0.7	0.113
32	0.2032	538.248	0.53	0.091

ANEXO C

Soldadura epoxica



Instrucciones de preparación

1. En las partes a unir elimine totalmente cualquier tipo de contaminación como grasa, oxido, pintura, etc. Se recomienda utilizar desengrasante o tratamiento mecánico (lijar, pulir, etc.)o tratamiento químico.
2. Utilice partes iguales de los componentes parte A y B de SOLDAMIX CRISTAL, haga una mezcla homogénea y aplícala.
3. Si es conveniente asegure la unión con cinta adhesiva, hilo, alambre, etc.
4. Dejar secar por 24 horas.

ANEXO D

LEDS

1. Dimensiones y color del diodo:

Actualmente los Leds tienen diferentes tamaños, formas y colores. Tenemos Leds redondos, cuadrados, rectangulares, triangulares y con diversas formas. Los colores básicos son rojo, verde y azul, aunque podemos encontrarlos naranjas, amarillos incluso hay un Led de luz blanca. Las dimensiones en los Led redondos son 3mm, 5mm, 10mm y uno gigante de 20mm. Los de formas poliédricas suelen tener unas dimensiones aproximadas de 5x5mm.

2. Ángulo de vista

Esta característica es importante, pues de ella depende el modo de observación del Led, es decir, el empleo práctico de aparato realizado. Cuando el Led es puntual la emisión de luz sigue la ley de Lambert, permite tener un ángulo de vista relativamente grande y el punto luminoso se ve bajo todos los ángulos.

3. Luminosidad

La intensidad luminosa en el eje y el brillo están intensamente relacionados. Tanto si el Led es puntual o difusor, el brillo es proporcional a la superficie de emisión. Si el Led es puntual, el punto será más brillante, al ser una superficie demasiado pequeña. En uno difusor la intensidad en el eje es superior al modelo puntual.

4. Consumo

El consumo depende mucho del tipo de Led que elijamos:

Color	Luminosidad	Consumo	Longitud onda	Diámetro
Rojo	1,25 mcd	10 mA	660 nm	3 y 5 mm
Verde, amarillo Naranja	8 mcd	10 mA		3 y 5 mm
Rojo (alta luminosidad)	80 mcd	10 mA	625 nm	5 mm
Verde (alta luminosidad)	50 mcd	10 mA	565 nm	5 mm
Hiper Rojo	3500 mcd	20 mA	660 nm	5 mm
Hiper Rojo	1600 mcd	20 mA	660 nm	5 mm
Hiper Verde	300 mcd	20 mA	565 nm	5 mm
Azul difuso	1 mcd 60°		470	5 mm
Rojo y Verde	40 mcd	20 mA		10 mm

Color	Caída de tensión (VLED) V	Intensidad máxima (ILED) mA	Intensidad media (ILED) mA
Rojo	1.6	20	5 - 10
Verde	2.4	20	5 - 10
Amarillo	2.4	20	5 - 10
Naranja	1.7	20	5 - 10

C
a
r
a
c
t
e
r
í
s
t

icas de los leds

Anexo E

El navegador muestra la URL: cateye.com/files/manual_dl/L734/CC-VL820520_HP_ES_v3-1.pdf

En uso
VELO 9 / VELO 7 ES 1

CATEYE

VELO 9 / VELO 7



CYCLOCOMPUTER
CC-VL820 / CC-VL520

Advertencia/Precaución

- No se concentre en la computadora mientras pedalea.
- Conduzca con precaución.
- Instale el imán, el sensor y la abrazadera de forma que queden bien ajustados.
- Reviselos periódicamente.
- En caso de ingestión accidental en menores, consulte un médico inmediatamente.
- Evite exponer la computadora a la luz directa del sol durante periodos prolongados.
- No desmonte la computadora.
- No deje caer la computadora.
- Esto podría ocasionar un malfuncionamiento.
- Cuando limpie la computadora y los accesorios no use disolvente, benceno ni alcohol.
- Hay riesgo de explosión si la batería se reemplaza por otra de tipo incorrecto.
- Después de las baterías usadas según las regulaciones locales.
- La pantalla LCD podría verse distorsionada al mirarla a través de lentes de sol.

Mantenimiento

- Para limpiar la computadora o los accesorios, utilice detergente neutro diluido en un paño suave y después seque uno a uno.
- Si los huecos entre los botones y la unidad se obstruyen con barro o tierra, lívelos con agua.

Reemplazar las pilas

Cuando la pantalla muestre la información de forma atenuada, cambie la batería. Instale una nueva batería de litio (CR2032) con el lado (+) orientado hacia arriba.

* Después de reemplazar la batería, asegúrese de establecer la unidad de nuevo conforme al procedimiento especificado en la sección "Preparar a computadora" (página 3).



Especificaciones

Batería / Función: Batería de Litio (CR2032) x 1 / Pico: 2.4V

* La batería que trae la computadora de fábrica puede tener una duración inferior a la especificada anteriormente.

Sistema de control: Microcomputador de 4 bits y un chip (Controlador de estado)

Sistema de pantalla: Pantalla de cristal líquido

Sensor: Sensor de velocidad magnético

Tamaño de muestra: 30° / 100; 30° / 10; 10° / 30; 20° / 24°; a un momento de 100 s (en el funcionamiento usual usual: 20 segundos)

Temperatura para funcionamiento: 0°C ~ 40°C (Este producto no funcionará correctamente si se fuera el entorno de temperatura de operación. Una respuesta lenta si el LCD no sigue podría suceder si existen temperaturas más bajas o más altas respectivamente.)

Dimensiones / peso: 35.5 x 37.5 x 18.5 mm / 28 g

* El diseño y las especificaciones están sujetos a modificaciones sin previo aviso.

Garantía limitada

2 años: Únicamente para el usuario final

(El usuario Asesorado/Reporte del sensor y pila)

En caso de problemas durante su uso normal, la pila del ordenador será reparada o reemplazada en costo cero. Si el servicio debe ser realizado por CATEYE Co., Ltd. Para recibir el producto, empacado cuidadosamente y no debe incluir el certificado de garantía con las instrucciones de reparación. Si el certificado de garantía debe ser enviado al usuario y devuelto al usuario. Los gastos de envío, manipulación y transporte correrán a cargo de quien solicite dicho servicio.

Por favor registre su producto Cateye en la página web: <http://www.cateye.com/usa/register.html>

CATEYE CO., LTD.
2-8-25, Minato, Higashi Sumiyoshi-ku, Osaka 546-0041 Japan
Attn: CATEYE Customer Service Dept. Fax: (81)6719-4033
Phone: (81)6719-4063 E-MAIL: csupport@cateye.co.jp URL: <http://www.cateye.com>

For US Customers:
CATEYE AMERICA, INC.
2925 Wilshire Plaza Suite 1700, Beverly Hills CA 90210-5048 USA
Phone: (310) 453-6500 Toll Free: (800) CAT-EYE
Fax: (310) 472-0008 E-mail: service@cateye.com

Accesorios de recambio

160330	160331	160901N	160910
Juego de componentes	Conjunto de soporte y sensor	Imán de la rueda	Batería de Litio

Accesorios opcionales

	Conjunto de soporte y sensor resistente
--	---

75640755_430895...jpg

Mostrar todo X

ES 10:24 08/11/2019

81

cat眼.com/files/manual_di/1/734/CC-VL820520_HP_ES_v3-1.pdf

Limpie el contacto con un paño.

sensor resistente

Cómo instalar la unidad en su bicicleta

VELO 9 / VELO 7 ES 2

Sensor
Cinta adhesiva por los dos lados
Imán
Soporte
Cable
Bridas (x7)

1 Acople el soporte a la potencia o al manillar
El soporte FlexTight™ se puede acoplar tanto en la potencia como en el manillar, dependiendo de cómo se ajuste el soporte a su banda.

Al fijar el soporte FlexTight™ a la potencia
Bridas
Soporte
Potencia
Cortar
Tire firmemente
Cinta adhesiva por los dos lados

Al fijar el soporte FlexTight™ al manillar
Bridas
Soporte
Manillar
Bridas
Cortar
Tire firmemente
Cinta adhesiva por los dos lados

Quitar/instalar el computador
Mientras lo sujeta con la mano, séquele levantando la parte delantera.

2 Instalar el sensor y el imán
Radio de rueda
Imán
Sensor
Zona del sensor
Imán
Zona del sensor

3 Colocar el cable
Aceptar
NO!
Bridas
Cortar
Tire firmemente
Bridas

Instale el sensor y el imán
A El imán pasa a través de la zona del sensor.
B El espacio entre el sensor y el imán es de 5 mm o menos.

Precaución: Ajuste la longitud del cable de forma que no pueda tirarse de él cuando el manillar está en uso.

75640755_430895...jpg

Mostrar todo

ES 10:25 08/11/2019

cateye.com/files/manual_d1/734/CC-VL820520_HP_ES_v3-1.pdf

Preparar a computadora

Realice la operación Borrar todos los datos tal y como se muestra a continuación cuando utilice la unidad por primera vez o la restaure al estado original (ajustes de fábrica).

- Borre todos los datos (inicialización)**
Pulse el botón AC situado en la parte posterior de la computadora.
- Seleccione la unidad de velocidad**
Seleccione "km/h" o "mph".
Pulse el botón SET para guardar la configuración.
- Establezca el tamaño del neumático**
Establezca el tamaño del neumático realizado uno de los siguientes métodos:
 - Configuración sencilla (seleccionar del tamaño del neumático)**
Pulse el botón MODE para cambiar según el siguiente secuencia: 20" → 700 → 27" → 2001 → 18" → 18" → 20" → 22" → 24" → 26". Seleccione el tamaño del neumático (pulgas) de la bicicleta y pulse el botón SET.
 - Generalmente, el tamaño del neumático se indica en el lateral del mismo.
 - Configuración detallada (especificar el valor numérico de la circunferencia del neumático)**
 - Cuando 2001 se muestra en pantalla, pulse y mantenga pulsado el botón MODE cuando se muestre "2001" para cambiar a la pantalla de especificación del tamaño de rueda.
 - Ingrese el valor numérico de la circunferencia del neumático en cm y pulse el botón SET.
 - La especificación de la circunferencia del neumático garantiza mediciones más precisas.
 - Cuando 2001 se muestra en pantalla, pulse y mantenga pulsado el botón MODE cuando se muestre "2001" para cambiar a la pantalla de especificación del tamaño de rueda.
 - Pulse el botón MODE para aumentar el valor numérico intermitente; pulse y mantenga pulsado el botón MODE para mover dígitos. Especifique cualquier valor de circunferencia en cm y, a continuación, pulse el botón SET.
 - * Utilice la "Tabla de referencia de circunferencia de neumáticos" como guía.
- Establezca el reloj**
Mantenga pulsado el botón MODE para cambiar la visualización a "Formato de reloj", "Hora" y "Minuto", en ese orden.
 - 12h → 24h o aumente el valor
 - Cambiar de pantalla o cambiar los dígitos
- Pulse el botón SET para completar la configuración**
Pulse el botón SET con el reloj actual en pantalla. A continuación, la configuración de unidades se habrá completado y dichas unidades cambiarán a la Pantalla de funciones.
 - Guardar la configuración (Finalizar)

Circunferencia del neumático

Puede encontrar la circunferencia del neumático (C) que se corresponde en el siguiente diagrama, o referencia mediante la circunferencia del neumático (L) de su bicicleta.

Medición de la circunferencia del neumático (L)
Para obtener la medición más precisa posible, complete esta operación con la rueda de la bicicleta. Con los neumáticos a la presión adecuada, coloque la válvula en la parte inferior. Marque el punto en el suelo y, con el peso del usuario sobre la bicicleta, complete exactamente una revolución de rueda en línea recta hasta que la válvula vuelva a la parte inferior. Marque la posición de la válvula y mida la distancia.

Tabla de referencia de circunferencia de neumáticos
* Generalmente, el tamaño del neumático o ETRTO se indica en el lateral del mismo.

ETRO	Tire size	Len	ETRO	Tire size	Len
40-254	54x1.75	102	37-484	66x1.50	210
40-305	54x1.75	110	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	120	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	130	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	140	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	150	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	160	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	170	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	180	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	190	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	200	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	210	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	220	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	230	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	240	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	250	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	260	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	270	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	280	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	290	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	300	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	310	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	320	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	330	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	340	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	350	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	360	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	370	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	380	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	390	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	400	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	410	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	420	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	430	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	440	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	450	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	460	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	470	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	480	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	490	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	500	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	510	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	520	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	530	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	540	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	550	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	560	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	570	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	580	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	590	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	600	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	610	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	620	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	630	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	640	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	650	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	660	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	670	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	680	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	690	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	700	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	710	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	720	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	730	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	740	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	750	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	760	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	770	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	780	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	790	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	800	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	810	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	820	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	830	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	840	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	850	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	860	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	870	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	880	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	890	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	900	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	910	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	920	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	930	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	940	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	950	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	960	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	970	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	980	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	990	40-305	66x1.50	210
40-305	54x1.75	1000	40-305	66x1.50	210

75640755_430895...jpg

cateye.com/files/manual_d1/734/CC-VL820520_HP_ES_v3-1.pdf

Utilizar la computadora (Pantalla de funciones)

Flujo de ritmo
Indica si la velocidad actual es más rápida (A) o más lenta (V) que la velocidad promedio.

Velocidad actual
0.0 (A.0) → 199.9 km/h (0.0 (B.0) → 124.9 mph)

Unidad de velocidad

Inicio/parada de las mediciones
Las mediciones comienzan automáticamente cuando la bicicleta está en movimiento. Durante las mediciones los símbolos km/h o mph parpadean.

Puesta a cero de los datos
Los datos de las mediciones vuelven a 0 pulsando y manteniendo el botón MODE en la pantalla de funciones.
* La distancia total (ODO) no se restablece.

Cambio de la función de la computadora
Presione el botón MODE para cambiar los datos de medición en la parte inferior en el orden mostrado en la siguiente ilustración.

Modo de ahorro de energía
Si la computadora no ha recibido ninguna señal durante 10 minutos, el modo de ahorro de energía se activará y solo el reloj será visualizado. Cuando la computadora recibe una señal del sensor, la pantalla de funciones vuelve a aparecer.

Consumo de calorías (VL820) *2
Esta computadora mide el consumo de calorías integrando el valor calculado de la velocidad en cada segundo. Comparémoslo como un valor de referencia.

Velocidad	10 km/h (6.2 mph)	20 km/h (12.5 mph)	30 km/h (18.8 mph)
Kcal por hora	67.3 kcal (155.2 kcal)	744.5 kcal (1702.7 kcal)	841.0 kcal (1907.2 kcal)

Cómo calcular las Reducciones de CO2 (VL820) *3
Las Reducciones de CO2 se calculan tal y como se describe a continuación. Trayecto recorrido (km) x 0.15 = Reducción de CO2 (kg)
* El factor 0.15 se determina aplicando el valor medio de la media de coches de pasajeros de gasolina en el 2008 con la ecuación "Reducción de CO2 por 1km conducido en un coche de gasolina" descrita en la página web del Ministerio de Tierra, Infraestructura, Transporte y Turismo.

Cómo cambiar el tamaño del neumático
Muestre la distancia total (ODO) y pulse el botón SET para cambiar el tamaño del neumático. El método de configuración es el mismo para "Preparar a computadora-3" (página 3).

Cómo establecer el reloj
En el modo reloj, pulse el botón SET situado en la parte posterior y la pantalla entrará en el modo de configuración del reloj. El método de configuración es el mismo para "Preparar a computadora-4" (página 3).

75640755_430895...jpg

Bibliografía

Bibliografía