



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos

Naturales no Renovables

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Diseño y construcción de un prototipo de generación eléctrica a partir de una bicicleta estática

**Trabajo de Titulación, previo a la
obtención del título de Ingeniero
Electromecánico**

AUTOR:

Henry Javier Caraguay Pauta

DIRECTOR:

Dr.C. Jorge Enrique Carrión González, PhD.

Loja - Ecuador

2024

Loja, 20 de noviembre de 2023

Dr.C. Jorge Enrique Carrión González, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

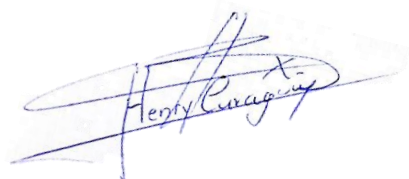
Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño y construcción de un prototipo de generación eléctrica a partir de una bicicleta estática**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Electromecánico**, de la autoría del estudiante **Henry Javier Caraguay Pauta** con **cédula de identidad Nro. 1105823528**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Dr.C. Jorge Enrique Carrión González, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo **Henry Javier Caraguay Pauta**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional - Biblioteca Virtual.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Henry Caraguay', is written over a faint, light blue circular stamp.

Firma:

Cédula: 1105823528

Fecha: 4 de enero del 2024

Correo electrónico: hjcaraguayp@unl.edu.ec

Teléfono: 0988123386

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo **Henry Javier Caraguay Pauta** declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño y construcción de un prototipo de generación eléctrica a partir de una bicicleta estática**, como requisito para optar por el título de Ingeniero electromecánico; autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los cuatro días del mes de enero del dos mil veinticuatro.

Firma:



Autor: Henry Javier Caraguay Pauta

Cédula: 1105823528

Dirección: Shushuhuaico, Ciudad Obregón entre San Quintín y la Cruz.

Correo electrónico: hjcaraguayp@unl.edu.ec

Teléfono: 0988123386

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Trabajo de Titulación: Dr.C. Jorge Enrique Carrión González, PhD.

Dedicatoria

Mi Trabajo de Titulación se lo dedico principalmente a Dios, por ser mi fortaleza en mis momentos de aflicción y angustia.

A mis padres, con mucho afecto por apoyarme a lo largo de mi vida académica, con sus consejos, con su carisma y su forma única de guiarnos por el camino del bien con el fin de obtener nuestras metas planteadas.

A mis abuelitos, por brindarme sus sabios consejos e inculcarme valores, y ser un claro ejemplo de ser una persona humilde y solidaria con el prójimo.

A mi grupo de amistades con quienes hemos afrontado los pequeños y grandes retos que surgían durante la carrera, por extenderme sus manos en los momentos inciertos y por celebrar las victorias en cada meta alcanzada.

Henry Javier Caraguay Pauta

Agradecimiento

Mi infinita gratitud con Dios sobre todas las cosas buenas que me ha bendecido, por contar con una digna familia y brindarnos una salud estable a todos y bendecirme con una sabiduría para tomar las mejores decisiones en mi formación académica.

Agradecer a toda mi familia por su apoyo desinteresado que me han brindado cuando lo he necesitado en todos mis proyectos de vida que he venido trabajando.

Con sinceridad y respeto, manifiesto un agradecimiento especial a mi director de trabajo de titulación el Ingeniero Jorge Enrique Carrión González, por su actitud comedida y servicial desde los comienzos hasta la culminación del trabajo de titulación, siempre mostrando el interés pertinente en la revisión de los avances y con cortesía aclaraba los errores o equivocaciones que surgían.

Finalmente agradezco a toda la planta de docentes de la carrera de Ingeniería Electromecánica por difundir sus conocimientos, los consejos para el ámbito laboral y el anhelo de cada vez ir mejorando el sistema educativo.

Henry Javier Caraguay Pauta

Índice de contenidos

Portada	i
Autoría	iii
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas:	x
Índice de figuras:	xi
Índice de anexos:	xiv
1. Título	1
2. Resumen	2
<i>Abstract</i>	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	5
4.1 <i>Principios de generación eléctrica</i>	5
4.1.1 Energía	5
4.1.2 Clasificación de la energía	5
4.1.3 Generación eléctrica	6
4.1.4 El cuerpo humano como generador de energía	7
4.1.5 Definición y clasificación de las máquinas eléctricas rotativas	7
4.1.6 Constitución general de las máquinas eléctricas rotativas	8
4.2 <i>Motores de corriente continua</i>	9
4.2.1 Partes de un motor de corriente continua.	9
4.2.2 Curva característica de un motor de corriente continua	11
4.2.3 Polos y excitación de las máquinas de corriente continua	13
4.2.4 Excitación de las máquinas de corriente continua	14
4.2.5 Características de los motores de corriente continua	16
4.2.6 Esquema eléctrico equivalente de la máquina de corriente continua	17
4.2.7 Pérdidas en máquinas de corriente continua	18
4.3 <i>Características de una bicicleta estática</i>	19
4.3.1 Generalidades	19

4.3.2	Elementos principales que conforma una bicicleta estática.	20
4.3.3	Tipos comerciales de bicicletas estáticas	21
4.3.4	Posibles lesiones de mala regulación del sillín.	25
4.4	<i>Sistemas de transmisión de potencia</i>	26
4.4.1	Transmisión de engranajes.....	27
4.4.2	Transmisión por bandas.	29
4.4.3	Transmisión por cadenas o rodillos.	32
4.4.4	Relación de transmisión.	42
4.4.5	Revoluciones en el eje conducido	43
4.4.6	Análisis de la eficiencia global del sistema.	43
4.4.7	Carga efectiva	44
4.4.8	Tiempo de caga de batería	44
4.5	<i>Regulador de voltaje</i>	45
4.5.1	Regulador reductor	45
4.5.2	Regulador elevador	45
4.6	<i>Controlador de Carga</i>	45
4.6.1	Curva de regulación de un controlador de carga.	46
4.7	<i>Baterías</i>	49
4.7.1	Batería de plomo y ácido	49
4.7.2	Baterías basadas en electrodo de Níquel	51
4.7.3	Baterías de Litio	53
4.8	<i>Inversor</i>	56
4.8.1	Partes de un Inversor	57
4.9	<i>Velocímetro</i>	59
4.9.1	Velocímetro mecánico o análogo.	59
4.9.2	Velocímetros electrónicos	61
5.	Metodología	62
5.1	<i>Área de trabajo</i>	62
5.2	<i>Equipos y materiales</i>	62
5.2.1	Equipos	62
5.2.2	Materiales.....	63
5.3	<i>Procedimiento</i>	63
5.3.1	Cumplimiento del primero objetivo	63
5.3.2	Cumplimiento segundo objetivo	64

5.3.3	Cumplimiento del tercer objetivo	64
5.4	<i>Procesamiento y análisis de datos</i>	64
5.4.1	Diseño del prototipo.....	64
5.4.2	Determinar el rendimiento del prototipo construido.	74
5.4.3	Desarrollar el análisis técnico y económico del prototipo construido.	76
6.	Resultados	78
6.1	<i>Objetivo 1</i>	78
6.2	<i>Objetivo 2</i>	78
6.2.1	Tensión recolectada durante 5 minutos.....	78
6.2.2	Corriente recolectada durante 5 minutos	79
6.2.3	Valores de potencia generada durante 5 minutos	80
6.2.4	Análisis de la eficiencia del sistema de transmisión	81
6.2.5	Carga efectiva	82
6.2.6	Tiempo que demora en cargar la batería	83
6.3	<i>Objetivo 3</i>	83
6.3.1	Análisis económico	84
6.3.2	Costo y Ahorro de energía	84
6.3.3	Ahorro estimado con el prototipo.....	86
7.	Discusión	88
8.	Conclusiones	89
9.	Recomendaciones	90
10.	Bibliografía	91
11.	Anexos	95

Índice de tablas:

Tabla 1. Beneficios de pedalear con variantes de tiempo.	7
Tabla 2. Pasos estándares de bandas de sincronización.....	32
Tabla 3. Dimensiones de cadenas estándares de rodillos americanas: torón sencillo. Compilada de la norma ANSI B29.1-1975.....	33
Tabla 4. Número de dientes estandarizados y comerciales.....	36
Tabla 5. Coeficiente K4, factor de servicio.	41
Tabla 6. Vida útil de baterías Plomo-Ácido.....	50
Tabla 7. Ficha técnica de la Bicicleta estática de la marca Spinning Masterfit.	65
Tabla 8. Características y especificaciones del motor generador de imanes permanentes.	66
Tabla 9. Datos técnicos de la Batería de la marca First Power.	68
Tabla 10. Datos técnicos del Inversor DC a AC de 600W en la marca Linkchamp.....	69
Tabla 11. Datos de la tensión recolectada durante 1 minuto.	74
Tabla 12. Variables de tensión, potencia, corriente y rpm recolectadas durante 5 minutos...	75
Tabla 13. Datos de tensión recolectados durante 5 minutos.	75
Tabla 14. Datos de corriente recolectados durante 5 minutos.	76
Tabla 15. Valores registrados de potencia obtenidos durante 5 minutos.....	76
Tabla 16. Datos de tensión recolectados durante 5 minutos.	78
Tabla 17. Datos de corriente recolectados durante 5 minutos.	79
Tabla 18. Valores registrados de potencia obtenidos durante 5 minutos.....	80
Tabla 19. Datos técnicos del prototipo implementado.....	83
Tabla 20. Datos de los costos de la construcción del prototipo.	84
Tabla 21. Datos recolectados de las pruebas de consumo de dispositivos electrónicos.	85
Tabla 22. Datos del dispositivo de mayor consumo energético.....	85
Tabla 23. Comparativa de consumo entre un foco de 9 W y uno de 100 W	86
Tabla 24. Ahorro estimado por uso del prototipo construido por 30 días.	86
Tabla 25. Tiempo de recuperación de la inversión.	86

Índice de figuras:

Figura 1. Esquema de diferencia de motor y generador	7
Figura 2. Partes constitutivas de las máquinas eléctricas rotativas.....	8
Figura 3. Estructura de una máquina de corriente continua	9
Figura 4. Partes de un Estator de un motor de corriente continua	10
Figura 5. Componentes que forman parte de un rotor	11
Figura 6. Colector y escobillas de un motor eléctrico de corriente continua.....	11
Figura 7. Curva Par-Intensidad	12
Figura 8. Curva Velocidad-Intensidad.....	12
Figura 9. Curva Par-Velocidad	13
Figura 10. Curvas Potencia útil-Velocidad, Rendimiento-Velocidad	13
Figura 11. Máquinas de igual potencia cuyo inducido es el mismo diámetro, pero tienen diferente número de polos en la sección del yugo o armadura	14
Figura 12. Máquina con excitación independiente	15
Figura 13. Máquina auto excitada.....	15
Figura 14. Funcionamiento de un motor de corriente continua de dos polos, con una sola bobina y dos delgas en el rotor. 1,2: escobillas; A, B: delgas; a, b: lados de la bobina conectados a las delgas	16
Figura 15. Esquema eléctrico de un motor de corriente continua	17
Figura 16. Bicicleta estática.....	20
Figura 17. Bicicleta estática modelo reclinada	21
Figura 18. Bicicleta estática vertical.....	21
Figura 19. Bicicleta estática plegable	22
Figura 20. Bicicleta estática de spinning	23
Figura 21. Bicicleta estática elíptica	23
Figura 22. Bicicleta de asalto o de aire	24
Figura 23. Mini bicicleta o pedelec	24
Figura 24. Bicicleta estática de piscina.....	25
Figura 25. Tendinitis de la “Pata de ganso”	26
Figura 26. Condropatía rotuliana	26
Figura 27. Los engranes rectos se emplean para transmitir movimiento de rotación entre ejes paralelos	27
Figura 28. Los engranes helicoidales se usan para transmitir movimiento de rotación entre ejes paralelos o no paralelos	28

Figura 29. Los engranes cónicos se utilizan para transmitir movimiento de rotación entre ejes que se intersectan	28
Figura 30. Los engranajes de tornillo sinfín transmiten movimiento de rotación entre ejes no paralelos que no se intersectan.....	29
Figura 31. Características de algunos tipos comunes de bandas. Las figuras son secciones transversales con excepción de las bandas de sincronización, donde la vista es lateral ..	30
Figura 32. Ilustración de un sistema de transmisión de potencia por banda plana.....	30
Figura 33. Sección de las correas trapezoidales estandarizadas	31
Figura 34. Transmisión por banda de sincronización que muestra partes de la polea y de la banda. Observe que el diámetro de paso de la polea es mayor que la distancia diametral a lo largo de las crestas de los dientes.....	31
Figura 35. Parte de una cadena de rodillos de doble torón	32
Figura 36. Partes principales de una cadena de rodillos	34
Figura 37. Movimiento de la cadena sobre la rueda dentada (catalina)	35
Figura 38. Esfuerzos durante el engrane de la cadena en la rueda	37
Figura 39. Coeficiente K_1	39
Figura 40. Coeficiente k_2 , coeficiente de multiplicidad.	40
Figura 41. Coeficiente k_3 , número de eslabones.	40
Figura 42. Coeficiente K_5 , coeficiente de vida útil.	41
Figura 43. Diagramas para la selección de cadenas de transmisión de potencia.....	42
Figura 44. Controlador de carga de paneles solares	46
Figura 45. Curva característica de un regulador de carga.....	46
Figura 46. Curva característica de un regulador de carga de tres etapas	47
Figura 47. Regulador de carga de tipo PWM	47
Figura 48. Regulador de carga de tipo MPPT	48
Figura 49. Esquema del circuito eléctrico del regulador de carga tipo MPPT	48
Figura 50. Batería de Plomo y ácido.....	49
Figura 51. Carga de una batería Plomo-Ácido	51
Figura 52. Etapas de carga y descarga de una batería de plomo y ácido.....	51
Figura 53. Curva de carga NI-MH.....	52
Figura 54. Flujo de iones en la batería de iones de litio	54
Figura 55. Curva de descarga del voltaje de iones de litio	55
Figura 56. Curva de carga batería Litio	55
Figura 57. Diagrama de bloques del inversor	56

Figura 58. Inversor con transformador de toma media o push-pull.....	57
Figura 59. Inversor en medio puente	57
Figura 60. Velocímetro de tipo análogo	59
Figura 61. Partes de un velocímetro análogo.....	60
Figura 62. Ubicación del área de estudio.....	62
Figura 63. Bicicleta estática de la marca Spinning Masterfit	64
Figura 64. Motor generador de imanes permanentes.....	65
Figura 65. Regulador de Tensión de la marca Anlixun	67
Figura 66. Batería de la marca FirstPower	67
Figura 67. Inversor DC a AC de 600W en la marca Linkchamp.....	68
Figura 68. Catalina de 55 dientes.....	70
Figura 69. Acople para poder unir la catalina de 55 dientes a la rueda de inercia de la bicicleta estática.....	70
Figura 70. Diagrama del sistema de transmisión de potencia.....	71
Figura 71. Montaje del generador y del conjunto de transmisión de potencia	72
Figura 72. Sistema de transmisión de potencia implementado en el prototipo	73
Figura 73. Montaje de los dispositivos electrónicos del prototipo	73
Figura 74. Velocímetro digital para obtener la velocidad promedio en km/h	74
Figura 75. Diagrama de las conexiones del sistema eléctrico	78
Figura 76. Curva característica de la tensión generada durante 5 minutos.....	79
Figura 77. Curva característica de la corriente generada en 5 minutos	80
Figura 78. Gráfica de la potencia generada en 5 minutos.....	81
Figura 79. Diagrama de las eficiencias de los elementos que conforman el prototipo.....	82
Figura 80. Prueba de consumo con foco led de 9 W	85

Índice de anexos:

Anexo 1. Datos técnicos de la batería utilizada en el prototipo.....	95
Anexo 2. Catálogo de las medidas estandarizadas de la cadena de rodillos.....	97
Anexo 3. Medidas estandarizadas de los piñones y ruedas (catalinas).....	98
Anexo 4. Dibujo técnico del acople de la catalina a la rueda de inercia.	99
Anexo 5. Certificado de traducción.	100

1. Título

Diseño y construcción de un prototipo de generación eléctrica a partir de una bicicleta estática.

2. Resumen

El presente proyecto consiste en diseñar un prototipo para aprovechar la energía residual del volante de inercia de las bicicletas estáticas, el cual hace uso de la capacidad de propulsión del cuerpo humano.

Los objetivos propuestos se consiguieron partiendo con la selección de un sistema de transmisión de potencia adecuado, el cual se utilizó el método de cadena de rodillos ya que es un sistema bastante eficiente al momento de transportar la potencia mecánica, algo fundamental a considerar para elegir los materiales fue de que no sean muy voluminosos para que no dificulten la actividad física en la bicicleta estática. Para acoplar el generador de corriente continua de 350 W a la estructura de la bicicleta estática, se emplearon abrazaderas tipo U de 1 1/2 in, adicional se elaboró los diagramas de conexión para detallar la disposición de los elementos electrónicos.

Para determinar el rendimiento del prototipo construido se realizó pruebas de funcionamiento con un grupo experimental en un rango de edad entre los 23 y 35 años de edad, con ello se determinó los parámetros de tensión 13.51 V, corriente de 4.33 A y una potencia generada de 58.43 W datos fundamentales para poder determinar la eficiencia del prototipo la cual se obtuvo un valor del 13 %, considerando las pérdidas debido a la fricción y los diferentes factores eléctricos que intervienen, es un valor aceptable según Reyes (2021), si tenemos en cuenta la eficiencia entregada por una célula fotovoltaica de silicio que es entre un 4 y 17%.

Con el sistema implementado se define los parámetros de generación eléctrica del prototipo con los cuales se puede cubrir una demanda energética, por tal motivo se desarrolló una ficha técnica donde se puede evidenciar los parámetros relevantes del sistema de generación. También se realizó un análisis de costos unitarios de los equipos, con la finalidad de obtener un valor del presupuesto aproximado para la implementación del sistema de generación eléctrica y así también determinar el tiempo de retorno de la inversión el cual se obtuvo un tiempo de retorno de 10 años lo cual lo convierte en un proyecto no rentable.

Palabras clave: bicicleta estática, energía residual, energía renovable, generador de corriente continua, corriente, potencia.

Abstract.

This project focuses on designing a prototype to harness the residual energy from the flywheel of stationary bicycles, utilizing the human body's propulsive capacity. The main and set objectives, were achieved by starting with the selection of a suitable power transmission system, employing the roller chain method, known for its efficiency in transporting mechanical power. On the other hand, the material selection was focused on avoiding bulkiness to prevent hindrance to physical activity on the stationary bicycle. The 350 W DC generator was attached to the stationary bicycle's structure using 1 1/2 in U-type clamps. Additionally, connection diagrams were created to illustrate the arrangement of electronic components.

Performance testing of the constructed prototype was carried out with an experimental group, aged between 23 and 35 years. The obtained parameters were voltage at 13.51 V, current at 4.33 A, and generated power at 58.43 W critical data for determining the prototype's efficiency, yielding a value of 13%. This is considered acceptable, according to Reyes (2021), when comparing it to the efficiency of a silicon photovoltaic cell, which ranges between 4% and 17%, accounting for losses due to friction and various electrical factors.

The implemented system defines the electrical generation parameters of the prototype, capable of meeting energy demands. Consequently, a technical data sheet was developed to highlight relevant generation system parameters. Unit cost analysis of the equipment was performed to estimate the budget for the electrical generation system's implementation, revealing a return on investment time of 10 years, rendering the project financially unviable.

Keywords: *stationary bicycle, residual energy, renewable energy, DC generator, current, electrical power.*

3. Introducción

A nivel nacional e internacional, diversas organizaciones han expresado su inconformidad sobre el cambio climático y sus respectivas mitigaciones, y como resultado se han firmado acuerdos, como el Protocolo de Kyoto en 1997. Además, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) formuló en 2015 los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2030, cuyo numeral 7 establece que la energía debe ser asequible y no contaminante, por lo que los países con menor desarrollo tecnológico deben mejorar para brindar servicios energéticos modernos (Unidas, 2015).

Las fuentes de energía son recursos naturales a partir de los cuales se puede obtener trabajo. Las mismas se clasifican en dos grandes categorías: renovables y no renovables. Las fuentes de energía no renovables son aquéllas que se encuentran en formas finitas que se "consumen" más rápido de lo que se pueden regenerar. Estos incluyen los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural).

La mayor parte de la energía que se produce hoy en día proviene de fuentes no renovables, muchas de las cuales se agotarán en los próximos años, por lo que es necesario recurrir a otras fuentes de energía que no solo sean renovables sino también menos contaminantes que las fuentes existentes. El presente trabajo de investigación está dirigido a experimentar a pequeña escala el aprovechamiento de fuentes de energía renovables como es la energía cinética que produce el ser humano al efectuar una actividad física. No todas las personas producen la misma cantidad de energía al pedalear, debido al estado físico y al cansancio durante el esfuerzo físico efectuado.

La estrategia mundial sobre actividad física y salud de la Organización Mundial de la Salud (OMS) determina que al menos el 65% de la población mundial es inactiva y tiene problemas de salud como enfermedades cardíacas, diabetes, presión arterial, etc. debido a la obesidad y sobrepeso (Silva Strempler, Cuevas Vargas, Espinosa Marquez, & García Torres, 2012).

El objetivo general de la investigación es el de “Construcción de un prototipo de generación eléctrica utilizando una bicicleta estática convencional”.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Diseñar un prototipo de generación de energía eléctrica que se acople a una bicicleta estática convencional.
- Determinar el rendimiento del prototipo construido.
- Desarrollar el análisis técnico y económico del prototipo construido.

4. Marco teórico

4.1 Principios de generación eléctrica

4.1.1 Energía

La energía es una magnitud física capaz de producir efectos, que puede transformarse o transferirse interviniendo en los cambios de estado del proceso, es decir, puede expresarse como la capacidad de realizar un trabajo, se establece de acuerdo con la ley de conservación de la energía puede cambiar de forma, pero no puede crearse o destruirse, se mide en julios (Eduardo Alomá, 2007).

4.1.2 Clasificación de la energía

4.1.2.1 Energía potencial

La energía potencial se refiere a la energía almacenada en un objeto o sistema debido a su posición, configuración o interacciones. Se puede transformar en energía cinética cuando el objeto se mueve o en otra forma de energía cuando se realiza el trabajo, adicional la energía potencial puede manifestarse en diferentes formas, como la energía potencial gravitatoria, la energía potencial elástica o la energía potencial eléctrica. Cada una de estas formas de energía potencial está relacionada con fuerzas específicas. (Zemansky, 2009).

- La energía potencial gravitatoria, es la energía asociada a la altura de un objeto con respecto a un punto de referencia. Cuanto mayor sea la altura, mayor será la energía potencial gravitatoria.
- La energía potencial elástica, se encuentra en objetos que están sujetos a deformación elástica, como un resorte comprimido o estirado. Esta energía se libera cuando el objeto recupera su forma original.
- La energía potencial eléctrica, está presente en las interacciones entre cargas eléctricas. Se relaciona con la separación o aproximación de cargas eléctricas de distinto signo.

4.1.2.2 Energía cinética

Es una forma de energía asociada al movimiento de un objeto, se define como la energía que posee un cuerpo debido a su velocidad cuanto más rápido se mueva un objeto y más masa tenga, mayor será su energía cinética. La energía cinética es una magnitud escalar, lo que significa que solo tiene un valor numérico y una unidad de medida asociada, pero no tiene dirección. A medida que un objeto se mueve más rápido, su energía cinética aumenta, y si su velocidad disminuye, su energía cinética disminuye. (Zemansky, 2009).

4.1.3 *Generación eléctrica*

La generación eléctrica es un componente fundamental de la infraestructura energética de una sociedad moderna y sostenible, es esencial garantizar un suministro estable, seguro y eficiente de electricidad para satisfacer las necesidades de la población y fomentar el desarrollo económico y tecnológico. Cada fuente de generación tiene sus ventajas y desventajas en términos de costos, impacto ambiental, disponibilidad y eficiencia, por lo que la combinación de diversas fuentes es clave para lograr una matriz energética equilibrada y sostenible (Palomino Vera, 2016).

Además, existen diferentes métodos y tecnologías para la obtención de energía eléctrica al hacer uso de varias fuentes de energía primaria, de las cuales se puede mencionar las siguientes:

- **Generación a partir de combustibles fósiles:** Se utiliza la quema de carbón, petróleo o gas natural en centrales termoeléctricas para generar calor, que a su vez se convierte en energía mecánica mediante turbinas y finalmente en electricidad mediante generadores.
- **Generación hidroeléctrica:** Se aprovecha la energía potencial del agua almacenada en embalses o el flujo de ríos para hacer girar turbinas, que a su vez activan los generadores eléctricos. Es una fuente renovable de energía.
- **Generación nuclear:** Se utiliza la fisión nuclear en reactores nucleares para generar calor, que se emplea para producir vapor y accionar turbinas conectadas a generadores eléctricos. La energía nuclear no es renovable.
- **Generación eólica:** Se utilizan aerogeneradores que capturan la energía cinética del viento y la transforman en electricidad mediante generadores. Es una fuente renovable de energía.
- **Generación solar:** Se utilizan paneles solares para captar la radiación solar y convertirla directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. También se pueden utilizar sistemas de concentración solar. Es una fuente renovable de energía.
- **Generación geotérmica:** Se aprovecha el calor del interior de la tierra para generar vapor y accionar turbinas conectadas a generadores eléctricos. Es una fuente renovable de energía.
- **Generación de biomasa:** Se basa en el uso de materia orgánica, como residuos agrícolas, residuos forestales o residuos urbanos, para producir energía eléctrica mediante procesos de combustión, fermentación o gasificación.

Donde la generación hidroeléctrica y eólica es el método de conversión más utilizado en el mundo para la obtención de energía eléctrica a gran escala por las grandes magnitudes de energía eléctrica que puede entregar una sola máquina.

4.1.4 *El cuerpo humano como generador de energía*

El poder humano es quizás la primera fuente de energía conocida por el hombre. Sus usos originales eran para fabricar herramientas, arar, remar, etc. Los científicos han estudiado el funcionamiento interno del cuerpo humano durante siglos y, aunque conocen la anatomía y la fisiología de los principales sistemas, todavía no han identificado las causas del aumento del ritmo cardiovascular y la fatiga durante el ejercicio. Una combinación de factores, solos y en combinación con otros, pueden conducir a un estado de fatiga. (Hunter Allen, 2013), por ejemplo, en la **Tabla 1** se puede observar los beneficios de pedalear en una bicicleta estática de acuerdo al tiempo de pedaleo:

Tabla 1. Beneficios de pedalear con variantes de tiempo.

Tiempo del ejercicio (minutos)	Beneficios en el cuerpo humano
10	Mejora en las articulaciones
20	Refuerzo en el sistema inmunitario
30	Mejoras en el cardiovascular
40	Aumento en la capacidad respiratoria
50	Aceleración del metabolismo
60	Control de peso, antiestrés

Fuente: (Tapia Becerra, 2018)

4.1.5 *Definición y clasificación de las máquinas eléctricas rotativas*

Se comprende por máquinas eléctricas al conjunto de mecanismos capaces de generar, aprovechar o transformar la energía, se denomina generador eléctrico a la máquina que convierte la energía mecánica en energía eléctrica y si convierte la energía eléctrica en energía mecánica se denomina motor, en la **Figura 1** se exponen de forma gráfica las diferencias.

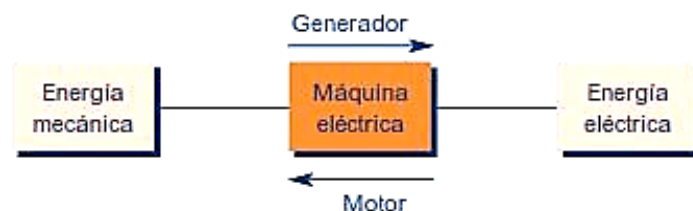


Figura 1. Esquema de diferencia de motor y generador

Fuente: (Ramos Oloarte, 2011)

4.1.6 Constitución general de las máquinas eléctricas rotativas

La constitución principal de toda máquina eléctrica rotativa trata de los motores eléctricos de corriente continua como los de corriente alterna, es muy similar. Algunas de sus partes varían por las limitaciones y aplicaciones que tienen, en la **Figura 2**, se describen las principales partes de este tipo de máquinas.

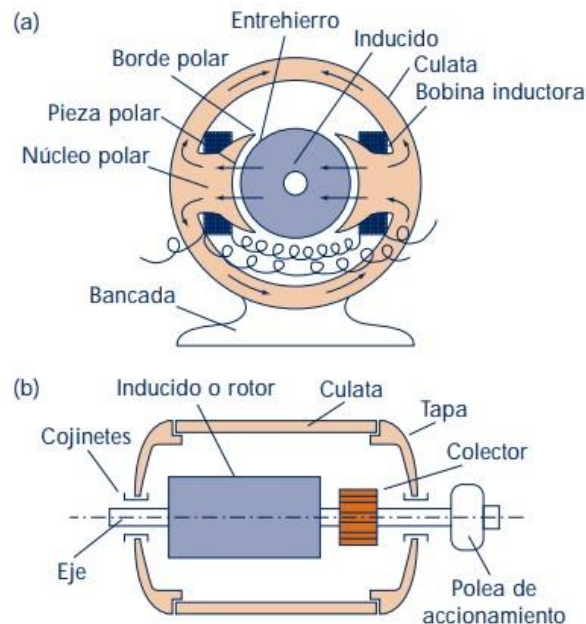


Figura 2. Partes constitutivas de las máquinas eléctricas rotativas

Fuente: (Ramos Oloarte, 2011)

- **Inductor**

También conocido como estator por ser la parte fija de la máquina. Es una de las dos partes fundamentales que forman una máquina eléctrica, se encarga de producir y conducir el flujo magnético.

El inductor a su vez consta de varios elementos de los cuales se resaltan: la pieza polar, el núcleo, el devanado inductor y la expansión polar.

- **Inducido**

Es la segunda parte fundamental de la máquina, denominado también rotor por ser el elemento giratorio de la misma. El núcleo del inducido está constituido por un cilindro de chapas magnéticas las cuales están construidas principalmente de acero laminado con un 2% de silicio esto es con el objetivo de mejorar las pérdidas en el circuito magnético.

Las chapas que conforman el inducido o rotor disponen de unas ranuras en las cuales se alojan los hilos de cobre del devanado inducido.

- **Escobillas**

Se encuentran alojadas en una porta escobillas desde donde se deslizan sobre las delgas del colector y por medio de un conductor flexible se unen a los bornes del inducido. Las escobillas se fabrican generalmente de carbón o grafito.

- **Culata**

La culata es la envoltura de la máquina eléctrica y está fabricada de material ferromagnético, está diseñado para conducir el flujo creado por el devanado inductor.

- **Entrehierro**

Se denomina entrehierro al espacio existente entre la parte fija y la parte móvil de la máquina evitando de esta manera el rozamiento entre ambos.

- **Cojinetes**

Son los que sirven de apoyo al eje del rotor de la máquina.

4.2 Motores de corriente continua

Un motor eléctrico de corriente continua es una máquina que transforma energía eléctrica en energía mecánica, funciona mediante la inducción electromagnética. Algunos motores de corriente continua transforman energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generador, gracias al principio de reversibilidad (Pernia, 2011).

4.2.1 Partes de un motor de corriente continua.

Tanto los motores como los generadores tienen dos unidades básicas: el campo magnético, que es el electroimán con sus bobinas, y la armadura, que es la estructura que sostiene los conductores que cortan el campo magnético y transporta la corriente inducida en un generador, o la corriente de excitación en el caso del motor. La armadura es por lo general un núcleo de hierro dulce laminado, alrededor del cual se enrollan en bobinas los cables conductores. En la **Figura 3**, se muestra la estructura de una máquina de corriente continua.

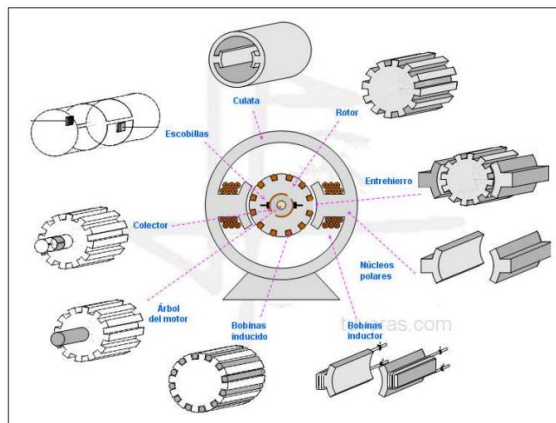
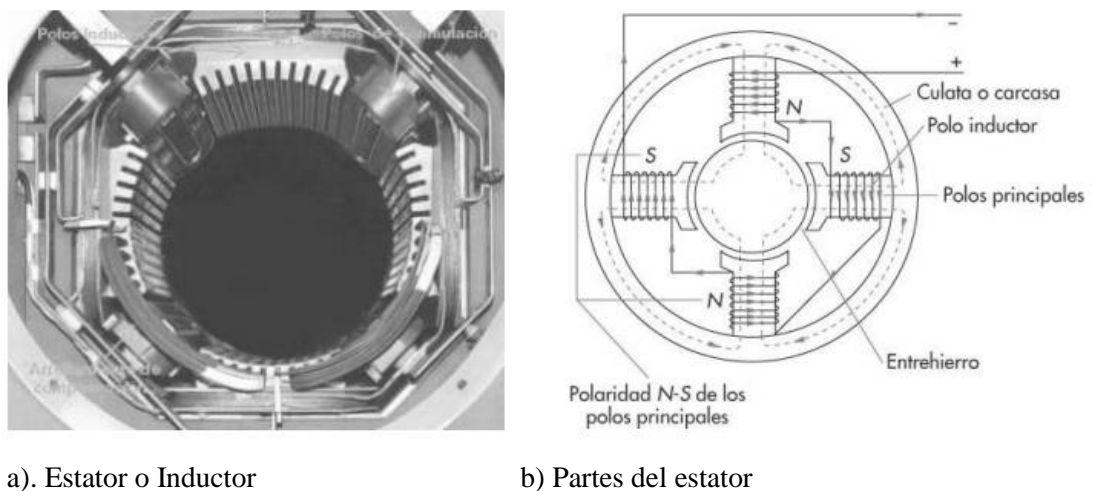


Figura 3. Estructura de una máquina de corriente continua

Fuente: (Pernia, 2011)

A continuación, se describen las principales partes de un motor-generator de corriente continua:

Estator: Consta de un electroimán encargado de crear el campo magnético fijo conocido por el nombre de inductor, como se ilustra en la **Figura 4**. Formado por una corona de material ferromagnético denominada culata o yugo en cuyo interior, regularmente distribuidos y en número par, van dispuestos unos salientes radiales con una expansión en su extremo, denominados polos, sujetos por tornillos a la culata. Rodeando los polos, se hallan unas bobinas de hilo, o pletina de cobre aislado, cuya misión es, al ser alimentadas por corriente continua, crear el campo magnético inductor de la máquina, el cual presentará alternativamente polaridades norte y sur.



a). Estator o Inductor

b) Partes del estator

Figura 4. Partes de un Estator de un motor de corriente continua
Fuente: (Pernia, 2011)

Rotor: Es un cilindro donde se enrollan bobinas de cobre, que se hace girar a una cierta velocidad cortando el flujo inductor y que se conoce como inducido. Formado por una columna de material ferromagnético, a base de chapas de hierro, aisladas unas de las otras por una capa de barniz o de óxido. La corona de chapa magnética presenta en su superficie externa un ranurado donde se aloja el devanado inducido de la máquina. Este devanado está constituido por bobinas de hilo o de pletina de cobre convenientemente aislados, cerrado sobre sí mismo al conectar el final de la última bobina con el principio de la primera (Hart, 2001). Las partes que conforman el rotor se visualiza en la **Figura 5**.



Figura 5. Componentes que forman parte de un rotor
Fuente: (Pernia, 2011)

Colector y Escobillas: El inducido suele tener muchas más espiras y el anillo colector está dividido en un mayor número de partes o delgas, aisladas entre sí, el colector está constituido esencialmente por piezas planas de cobre duro de sección trapezoidal, llamadas delgas, separadas y aisladas unas de otras por delgadas láminas de mica, formando el conjunto un tubo cilíndrico aprisionado fuertemente, cómo se observa en la **Figura 6**. El colector tiene tantas delgas como bobinas posee el devanado inducido de la máquina. Las escobillas son de grafito o carbón puro montado sobre porta-escobillas que mediante un resorte aseguran un buen contacto que establecerán el enlace eléctrico entre las delgas y el colector y el circuito de corriente continua exterior.

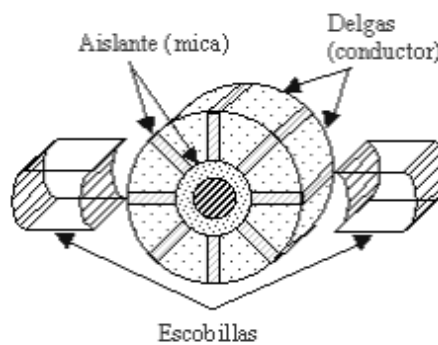


Figura 6. Colector y escobillas de un motor eléctrico de corriente continua
Fuente: (Pernia, 2011)

4.2.2 Curva característica de un motor de corriente continua

Las curvas características de un motor relacionan las magnitudes más importantes de la máquina como son el par mecánico en el eje, la velocidad de giro, la intensidad, la potencia absorbida y el rendimiento (Bachiller, De Paula, & Cano, 2011).

La curva característica de velocidad relaciona la velocidad de giro con la intensidad que absorbe el motor. La curva característica de par en la que se relaciona el par con la intensidad que absorbe el motor. A medida que aumenta el par resistente, como se ve en la **Figura 7**, se puede observar cómo desciende la velocidad de giro como se muestra en la **Figura 8**.

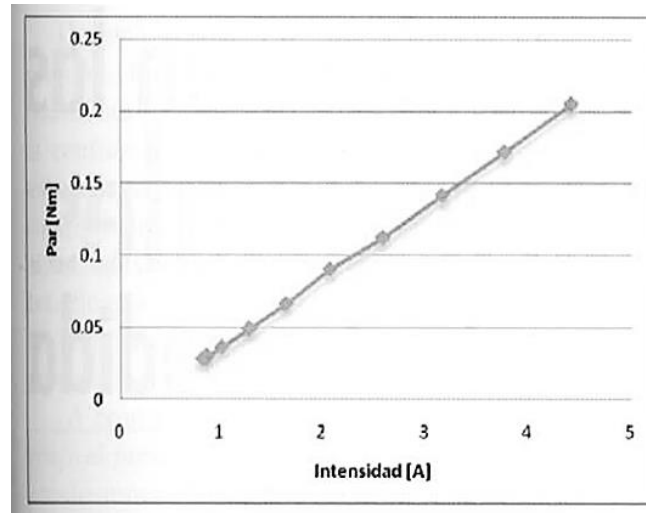


Figura 7. Curva Par-Intensidad

Fuente: (Bachiller Soler, García López , & Cano González, 2011)

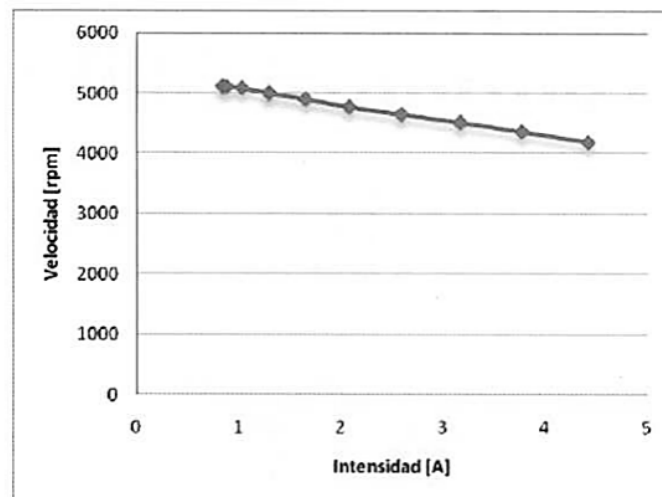


Figura 8. Curva Velocidad-Intensidad

Fuente: (Bachiller Soler, García López , & Cano González, 2011)

La curva característica mecánica relaciona el par con la velocidad de giro como se observa en la **Figura 9**. Esta curva es de gran importancia ya que proporciona información acerca de la velocidad en régimen permanente en función de la característica par-velocidad de la carga accionada.

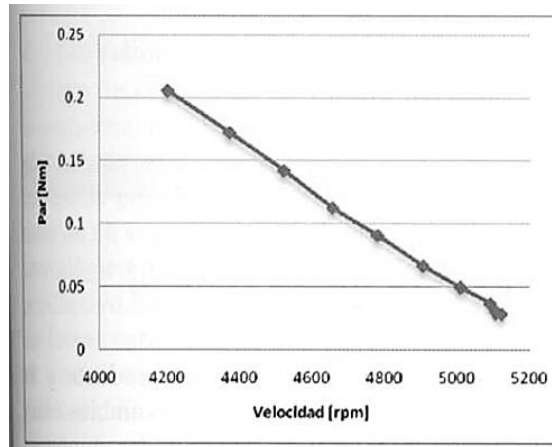


Figura 9. Curva Par-Velocidad

Fuente: (Bachiller Soler, García López , & Cano González, 2011)

En la **Figura 10**, se observa la relación entre el rendimiento y la potencia útil con la velocidad de giro del motor. A medida que aumenta la carga, aumenta también la potencia útil debido a que las variaciones del par son mucho más acusadas que las variaciones de la velocidad. En la misma gráfica se muestra el rendimiento del motor en función de la velocidad.

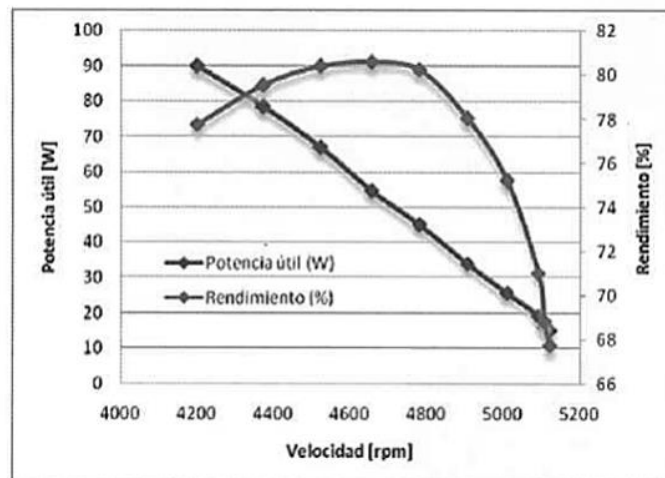


Figura 10. Curvas Potencia útil-Velocidad, Rendimiento-Velocidad

Fuente: (Bachiller Soler, García López , & Cano González, 2011)

4.2.3 Polos y excitación de las máquinas de corriente continua

Con los avances tecnológicos en la actualidad se fabrican motores de tamaño reducido en comparativa a años atrás ya que se usan materiales nuevos en su construcción, sin que ello conlleve pérdidas de potencia de la máquina. En la **Figura 11**, se puede observar dos tamaños diferentes de máquinas eléctricas de la misma potencia.

Sin embargo, el número de líneas de flujo magnético que circula por los polos, inducido y yugo de ambas máquinas es el mismo. Por este motivo la tendencia actual es la construcción de máquinas multipolares.

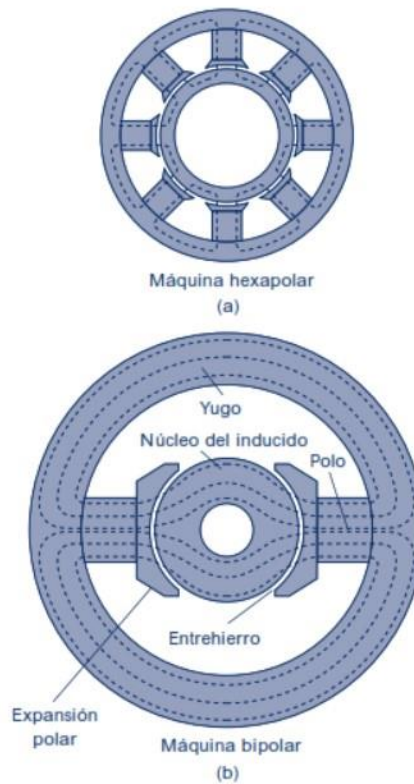


Figura 11. Máquinas de igual potencia cuyo inducido es el mismo diámetro, pero tienen diferente número de polos en la sección del yugo o armadura

Fuente: (Ramos Oloarte, 2011)

4.2.4 Excitación de las máquinas de corriente continua

El flujo magnético de toda máquina eléctrica está originado por electroimanes y de esta forma se puede regular el flujo con variar la corriente que circula por la bobina que constituye el electroimán, estas se denominan bobinas excitadoras.

Dicha corriente de excitación puede ser suministrada por otra máquina (generador auxiliar), denominándose en este caso máquina con excitación independiente, en la **Figura 12**, se expone el circuito eléctrico del esquema bipolar de una máquina con excitación independiente.

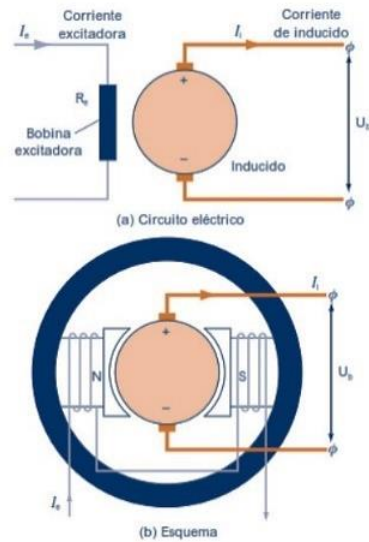


Figura 12. Máquina con excitación independiente
Fuente: (Ramos Oloarte, 2011)

Por el contrario, si dicha corriente puede ser suministrada por la propia máquina eléctrica, denominándose en este caso máquina auto excitada. En la **Figura 13**, se representa el circuito eléctrico y el esquema bipolar de una máquina auto excitada, cuyas bobinas excitadas representadas por R_e , están conectadas en derivación (paralelo) con los bornes del inducido.

El valor de la corriente de excitación se expresa por la **Ecuación 1**.

$$I_e = \frac{U_b}{R_{ep}} \quad (1)$$

Donde:

I_e = Corriente de excitación.

U_b = Es el valor de la tensión en bornes de la máquina.

R_{ep} = La resistencia de las bobinas de excitación en derivación.

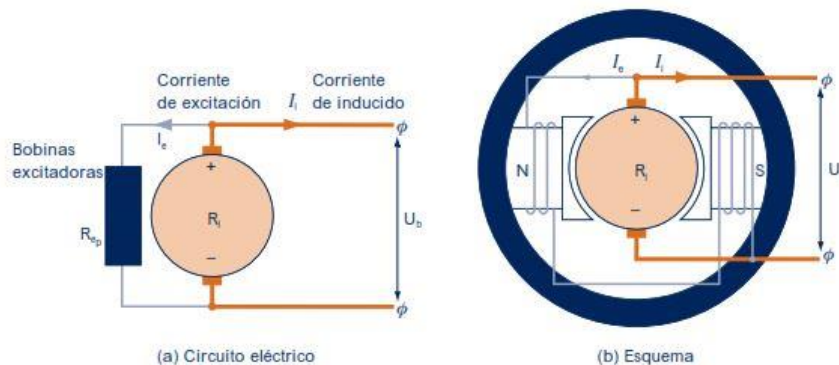


Figura 13. Máquina auto excitada
Fuente: (Ramos Oloarte, 2011)

4.2.5 Características de los motores de corriente continua

La gran diferencia fundamental entre un generador y un motor de corriente continua está basada en la utilización de la máquina, la cual viene dada en función de la transformación de la energía durante su funcionamiento, en el caso del motor se convierte la energía eléctrica en energía mecánica.

Los distintos tipos de excitación de motores de corriente continua son los mismo que utilizan los generadores, lo que implica que una máquina funcione como generador o como motor, a continuación, se describen los elementos que la conforman:

a. Fuerza de Laplace

Un conductor por el que pasa corriente y atraviesa un campo magnético, sufre una fuerza perpendicular al plano formado por ambos vectores (ley de Laplace), según la regla de la mano derecha, se expresa por la **Ecuación 2**, en la **Figura 14**, se presenta una descripción gráfica.

$$F = B * L * I \text{ (N)} \quad (2)$$

Donde:

F= Fuerza en Newton

I= Corriente que pasa por el conductor en Amperios

L= Longitud del conductor en metros

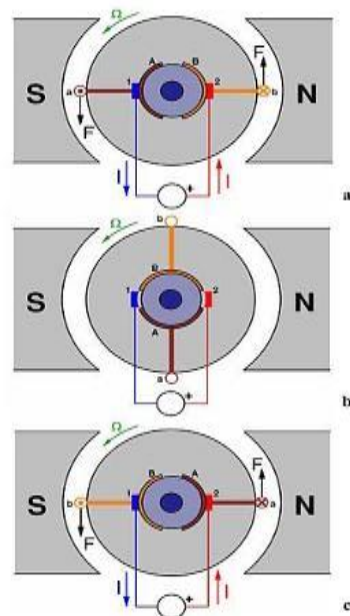


Figura 14. Funcionamiento de un motor de corriente continua de dos polos, con una sola bobina y dos delgas en el rotor. 1,2: escobillas; A, B: delgas; a, b: lados de la bobina conectados a las delgas

Fuente: (Ramos Oloarte, 2011)

b. Fuerza contraelectromotriz inducida

Al aplicar una tensión externa en el motor, aparece una corriente que circula por los devanados del inducido (inducido o rotor). Al estar en presencia de un campo magnético constante, se crea un par en cada uno de estos conductores, lo que hace girar el rotor. En consecuencia, de este giro (ley de inducción de Faraday), se inducen tensiones en los conductores, que se oponen a la tensión aplicada. Esta tensión recibe el nombre de fuerza contraelectromotriz.

c. Tipos de motores

➤ Motores con estator bobinado (excitación dependiente):

El estator es un bobinado, y existen varias configuraciones para conectar el inducido e inductor de la máquina:

1. Motor de corriente continua con excitación en serie: el devanado del estator y del rotor están conectados en paralelo.
2. Motor de corriente continua con excitación en paralelo: el devanado del estator y del rotor están conectados en paralelo.
3. Motor de corriente continua con excitación compuesta: combinación de ambas configuraciones.

➤ Motores de imanes permanentes (excitación independiente):

El estator se compone de dos imanes permanentes de polos opuestos. Son más pequeños, más ligeros y más eficaces que los otros tipos de motores. El problema que presentan este tipo de máquinas es su falta de potencia. Los campos magnéticos alcanzados suelen tener valores pequeños, por lo que no permiten velocidades ni pares muy elevados.

4.2.6 Esquema eléctrico equivalente de la máquina de corriente continua

En la **Figura 15**, se presenta el diagrama equivalente de un motor de corriente continua.

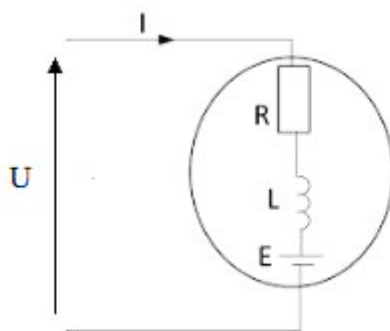


Figura 15. Esquema eléctrico de un motor de corriente continua

Fuente: (Ramos Oloarte, 2011)

Este motor se puede analizar por una fuente de tensión E (F.E.M. inducida), una resistencia interna (R) y una inductancia interna (L). La **Ecuación 3**, rige el comportamiento de la máquina de corriente continua.

$$U = L * \frac{dl}{dt} + R * I + E \quad (3)$$

Donde:

L= Inductancia interna.

R= Resistencia interna.

E= Fuentes de tensión.

I= Corriente.

4.2.7 *Pérdidas en máquinas de corriente continua*

Las máquinas de corriente continua son conversores de energía eléctrica a mecánica y viceversa muy eficientes, sin embargo, su rendimiento no alcanza el 100% debido a las características de los elementos que la constituyen. Esto implica que, en la práctica, es necesario definir un parámetro de eficiencia a partir de la **Ecuación 4 y 5**.

$$\eta = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} * 100 \quad (4)$$

O equivalentemente

$$\eta = \frac{P_{entrada} - P_{perdidas}}{P_{entrada}} * 100 \quad (5)$$

Donde:

P_{salida} = Potencia de salida.

$P_{entrada}$ = Potencia de entrada.

Los objetivos de diseño se encuentran orientados a maximizar la eficiencia de cada máquina para las características nominales a las cuales ha sido diseñada, sin embargo, existen pérdidas que no son factibles de eliminar: pérdidas eléctricas, pérdidas mecánicas y pérdidas magnéticas.

4.2.7.1 **Pérdidas eléctricas.**

Las pérdidas eléctricas son aquel producto de las resistencias de los enrollados (pérdida en el cobre) y pérdidas en los contactos eléctricos (pérdidas en las escobillas). Las pérdidas en el cobre se producen tanto en el campo como en el inducido y se puede calcular por la **Ecuación 6 y 7**.

$$P_{campo} = I_c^2 * R_c \quad (6)$$

$$P_{inducido} = I_a^2 * R_a \quad (7)$$

Donde:

P_{campo} , $P_{inducido}$: son las pérdidas en el campo e inducido respectivamente.

I_c , I_a : son las corrientes de campo e inducido respectivamente.

R_c , R_a : son las resistencias de campo e inducido respectivamente.

Por su parte, las pérdidas en las escobillas se calculan aplicando la **Ecuación 8**.

$$P_{escobillas} = I_a * V_{escobillas} \quad (8)$$

Donde:

$P_{escobillas}$: es la potencia perdida en las escobillas.

I_a : es la corriente de armadura.

$V_{escobillas}$: es el voltaje que cae en las escobillas, el cual es, en general, constante para un amplio rango de operación.

4.2.7.2 Pérdidas mecánicas.

Las pérdidas mecánicas están asociadas a las pérdidas por concepto de la fricción entre las partes móviles de la máquina. Las pérdidas mecánicas son una función cúbica de la velocidad de rotación de la máquina (Hart, 2001).

4.2.7.3 Pérdidas magnéticas.

Las pérdidas en el núcleo se manifiestan principalmente en las pérdidas por el ciclo de histéresis del material ferromagnético y por corrientes parásitas de Foucault.

Adicionalmente a las pérdidas anteriores, existen otros tipos de pérdidas cuyos orígenes no se explican necesariamente por los efectos ya mencionados. En general estas pérdidas se agrupan como pérdidas adicionales y se les asigna un valor cercano al 1% de la potencia nominal de la máquina (Hart, 2001).

4.3 Características de una bicicleta estática

4.3.1 Generalidades

La bicicleta estática como la que se expone en la **Figura 16**, es un equipo de ejercicio diseñada para simular la experiencia de montar en bicicleta, pero de manera estacionaria, también conocida como bicicleta de interior por lo que permite a las personas realizar ejercicios de ciclismo en interiores, sin la necesidad de salir al aire libre o tener un espacio amplio para montar una bicicleta convencional.

Las bicicletas estáticas suelen tener un sistema de resistencia ajustable, que permite al usuario aumentar o disminuir la intensidad del ejercicio. Algunas también tienen pantallas o consolas que muestran información como la velocidad, la distancia recorrida, el tiempo transcurrido y las calorías quemadas (Carmona A. A., 2017).



Figura 16. Bicicleta estática
Fuente: (Fit-Force)

4.3.2 Elementos principales que conforma una bicicleta estática.

El mecanismo de una bicicleta estática está compuesto por mecanismos y elementos que permitan la transmisión de potencia, se conforma por:

- **Pedales:** superficie de apoyo para el pie, que permite dar impulso para generar movimiento.
- **Biela-plato:** su función es la de obtener el par desarrollado por las piernas transmitiendo directamente hacia el plato, que finalmente, dependiendo del número de dientes multiplicara o disminuir.
- **Cadena de rodillos:** encargado de transmitir la potencia entre ejes con una efectividad del 96-97%.
- **Piñón:** encargado de recibir la velocidad angular transmitida por la cadena, mismas que pueden ser a mayor o menor revolución.
- **Rodamiento:** permite la disminución de la fricción, donde ayuda a mitigar la pérdida de la potencia.
- **Rodamientos axiales de agujas:** son rodamiento de simple efecto que permite absorber las cargas axiales.
- **Volante de inercia:** sistema de almacenamiento de energía cinética, se encarga de suavizar el movimiento rotativo.
- **Rueda de fricción:** son dos cuerpos encargados de aprovechar la fricción entre los cuerpos para la transmisión de potencia (Vargas Mantilla, Rincón Sánchez, Tobón Tarazona, & Villanueva Guzmán, 2018).

4.3.3 Tipos comerciales de bicicletas estáticas

- **Bicicleta estática reclinadas.**

Este modelo de bicicleta es ideal para personas que tienen dolores articulares, problemas de espalda o embarazadas ya que tiene un diseño reclinado que les hace ser bien cómodas y proporcionan un entrenamiento suave, eso lo podemos evidenciar en la **Figura 17**. El ciclista se sienta en una posición reclinada con pedales delante lo que reduce la tensión en la espalda y el cuello.



Figura 17. Bicicleta estática modelo reclinada

Fuente: (BiciScope, s.f.)

- **Bicicleta estática verticales.**

Este modelo de bicicleta es adecuado para las personas que desean empezar a realizar un entrenamiento cardiovascular ya que proporciona un ejercicio más intenso en comparación con la bicicleta reclinada, sin llegar a ser tan intenso como las bicicletas spinning, eso se puede evidenciar en la **Figura 18**. Adicional recalcar que son bicicletas más ligeras y compactas y por ende más económicas.



Figura 18. Bicicleta estática vertical

Fuente: (BiciScope, s.f.)

- **Bicicleta estática plegable.**

Este diseño de bicicleta estática es ideal cuando se dispone de un espacio limitado para almacenarla ya que se pueden plegar cuando no se la utiliza y ocupan realmente poco espacio que puede ser guardada debajo de la cama, detrás de una puerta, en una esquina, etc. Por su diseño portátil se la puede movilizar hasta en un vehículo con mucha facilidad, el diseño se observa en la **Figura 19**.

Sin embargo, si se desea realizar un entrenamiento más intenso con este modelo de bicicleta no se podrá realizar puesto que se echará de falta un poco más de estabilidad.



Figura 19. Bicicleta estática plegable

Fuente: (BiciScope, s.f.)

Por otro lado, este tipo de bicicleta estática son muy cómodas puesto que cuentan con un sillín ancho y cómodo e incluso algunos diseños disponen de un espaldar.

- **Bicicleta estática de spinning.**

Las bicicletas de spinning son diferentes a otras bicicletas porque te permiten pedalear de pie, son similares a las bicicletas verticales, pero en las bicicletas de spinning los pedales están colocados más adelante, por lo que te obliga adoptar una postura más parecida a la que tendrías con tu bicicleta de carretera o montaña.

Las bicicletas estáticas de spinning están diseñadas para personas que quieren un entrenamiento de alta intensidad. Son, por tanto, bicicletas robustas y estables.

Característica principal de este tipo de bicicleta es que dispone de un volante de inercia lo cual requiere de un mayor esfuerzo físico para los músculos es por eso que esta diseña con el objetivo de aumentar el rendimiento deportivo acercándote más al ciclismo profesional, observar **Figura 20**.



Figura 20. Bicicleta estática de spinning

Fuente: (BiciScope, s.f.)

- **Bicicleta estática elípticas.**

Este tipo de bicicleta tiene una diferencia bastante considerada a las demás porque se la utiliza de pie y moviendo los brazos y las piernas en un movimiento que es una mezcla entre pedalear y caminar, es una buena opción para personas que requieran trabajar todo el cuerpo.

Es una máquina pesada y voluminosa por todo lo que implica su sistema mecánico, es ideal para las personas que requieran realizar un entrenamiento de bajo impacto. El diseño de este tipo de bicicleta se observa en la **Figura 21**.



Figura 21. Bicicleta estática elíptica

Fuente: (Alma Skater, s.f.)

- **Bicicleta de asalto o de aire.**

Las bicicletas de asalto también conocidas como bicicletas de aire, están diseñadas para personas que requieren un entrenamiento de alta intensidad. Las posibilidades de

entrenamiento de una bicicleta de asalto son infinitas ya que se trata de llevar tus límites al máximo.

Posee un ventilador que le impulsa la resistencia de la bicicleta de aire con lo cual te permite controlar la intensidad del entrenamiento, observar **Figura 22**. Está enfocada para personas que quieren trabajar tanto la parte inferior como la superior del cuerpo.



Figura 22. Bicicleta de asalto o de aire
Fuente: (Alma Skater, s.f.)

- **Mini bicicleta o pedelec.**

Las mini bicicletas son ideales para personas que no disponen de grandes espacios para tener una bicicleta estática voluminosa, por su diseño de ser compactas se pueden utilizarse sentados en cualquier tipo de silla o sofá mientras realiza alguna otra actividad con las extremidades superiores.

Dispone de una pantalla digital donde se hace el seguimiento del entrenamiento y la resistencia que se puede ajustar manualmente, observar **Figura 23**.



Figura 23. Mini bicicleta o pedelec
Fuente: (Alma Skater, s.f.)

- **Bicicleta estática de piscina.**

Son las bicicletas estáticas que se utilizan para hacer aquaspinning o aquabiking, también se llaman aquabikes. Este tipo de bicicleta estática de piscina están fabricadas en acero inoxidable por lo que son resistentes y se pueden utilizar para varios ejercicios dentro de la piscina, **Figura 24**. Se puede trabajar todos los músculos del cuerpo durante las sesiones de Aquabiking haciendo ejercicios de brazos, abdomen y piernas.



Figura 24. Bicicleta estática de piscina

Fuente: (Alma Skater, s.f.)

4.3.4 Posibles lesiones de mala regulación del sillín.

Las consecuencias de realizar una mala regulación de sillín, manillar y pedales son las siguientes:

- **Si se coloca demasiado alto el sillín.**

Cuando la altura del sillín es muy alta en proporción a la longitud de las extremidades inferiores, el ciclista extenderá en exceso la pierna, e incluso realizará un ligero balanceo con la cadera para poder llegar al pedal cuando este se encuentre en el punto más bajo de su recorrido; tal circunstancia puede producir:

- a) Tendinitis en el tendón de aquiles.
- b) Molestias en la zona lumbar.
- c) Tendinitis de la “pata de ganso” (Perales, 2013).

La pata de ganso es un conjunto formado por los tendones de los músculos semitendinoso, sartorio y recto interno en su inserción distal en la cara anterior e interna de la tibia, **Figura 25**.



Figura 25. Tendinitis de la “Pata de ganso”
Fuente: (Perales, 2013)

- **Si se coloca demasiado bajo el sillín**

En este caso, las articulaciones de la pierna se verán obligadas a soportar la tensión generada por la musculatura que participa en el pedaleo en ángulos muy cerrados. La consecuencia es una excesiva tensión o presión en ciertas zonas articulares o tendinosas.

- a) Condropatía rotuliana, consiste en un deterioro del cartílago en la cara posterior de la rótula, **Figura 26**.
- b) Tendinitis en el tendón del cuádriceps: La tendinitis es la inflamación, irritación e hinchazón de un tendón y puede ocurrir como resultado de una lesión, uso excesivo de esa parte o por el envejecimiento a medida que el tendón pierde elasticidad. (Perales, 2013)

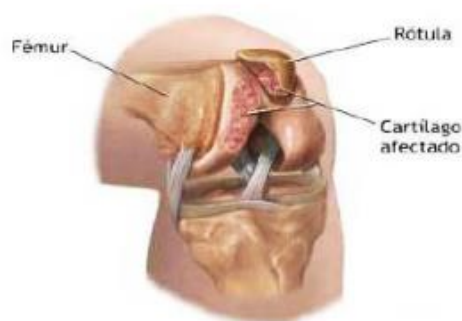


Figura 26. Condropatía rotuliana
Fuente: (Perales, 2013)

4.4 Sistemas de transmisión de potencia.

La transmisión de potencia se refiere al proceso de transferir energía mecánica de un punto a otro en un sistema de maquinaria o equipo. La energía mecánica puede ser

transmitida a través de una variedad de medios, como correas, piñones y cadenas, engranajes, ejes, acoplamientos, rodamientos, etc.

En general, la transmisión de potencia implica la conversión de energía de una forma a otra, por ejemplo, de energía eléctrica a energía mecánica. La transferencia de energía puede ser realizada por un motor, que convierte la energía eléctrica en energía mecánica, y luego esa energía mecánica es transferida a través de un sistema de transmisión de potencia para realizar un trabajo específico, como mover una máquina o equipo (Budynas & Keith, 2008).

La transmisión de potencia es esencial en una variedad de aplicaciones industriales, desde maquinaria pesada hasta sistemas de transporte y equipos de elevación, y es fundamental para el funcionamiento de la mayoría de los equipos mecánicos y eléctricos.

4.4.1 Transmisión de engranajes

4.4.1.1 Tipos de engranajes.

Los engranes rectos: Que se ilustran en la **Figura 27**, tienen dientes paralelos al eje de rotación y se emplean para transmitir movimiento de un eje a otro eje paralelo. De todos los tipos, el engrane recto es el más sencillo, razón por la cual se usará para desarrollar las relaciones cinemáticas básicas de la forma de los dientes.

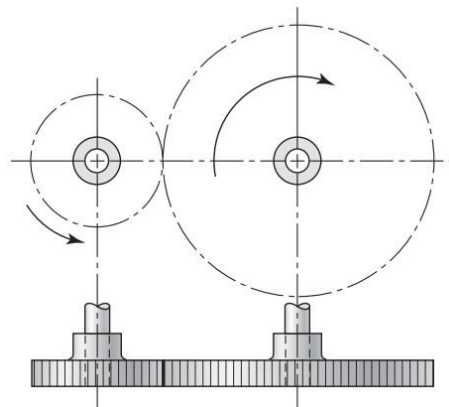


Figura 27. Los engranes rectos se emplean para transmitir movimiento de rotación entre ejes paralelos

Fuente: (Budynas & Keith, 2008)

Los engranes helicoidales: Que se muestran en la **Figura 28**, poseen dientes inclinados con respecto al eje de rotación, y se utilizan para las mismas aplicaciones que los engranes rectos y, cuando se utilizan en esta forma, no son tan ruidosos, debido al engranado más gradual de los dientes durante el acoplamiento. Asimismo, el diente inclinado desarrolla cargas de empuje y pares de flexión que no están presentes en los engranes rectos. En ocasiones, los engranes helicoidales se usan para transmitir movimiento entre ejes no paralelos.

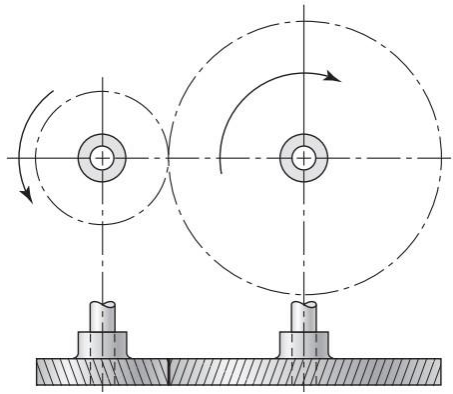


Figura 28. Los engranes helicoidales se usan para transmitir movimiento de rotación entre ejes paralelos o no paralelos
Fuente: (Budynas & Keith, 2008)

Los engranes cónicos: Presentan dientes formados en superficies cónicas, se emplean sobre todo para transmitir movimiento entre ejes que se intersecan. En la **Figura 29**, se exponen engranes cónicos de dientes rectos. Los engranes cónicos en espiral se cortan de manera que el diente no sea recto, sino que forme un arco circular. Los engranes hipoides son muy similares a los engranes cónicos en espiral, excepto por el hecho de que los ejes están desplazados y no se intersecan.

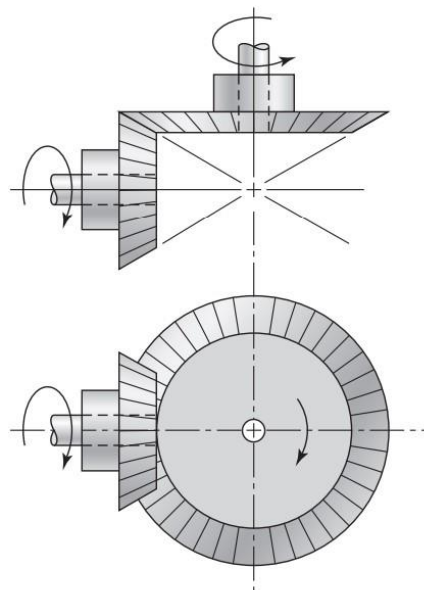


Figura 29. Los engranes cónicos se utilizan para transmitir movimiento de rotación entre ejes que se intersecan
Fuente: (Budynas & Keith, 2008)

El tornillo sinfín o de gusano: Como se indica en la **Figura 30**, el gusano se parece a un tornillo. El sentido de rotación del gusano, también llamado corona de tornillo sinfín, depende del sentido de rotación del tornillo sinfín y de que los dientes de gusano se hayan

cortado a la derecha o a la izquierda. Los engranajes de tornillo sinfín también se hacen de manera que los dientes de uno o de ambos elementos se envuelvan de manera parcial alrededor del otro. Los engranajes de sinfín se emplean sobre todo cuando las relaciones de velocidad de los dos ejes son muy altas, de 3 o más.

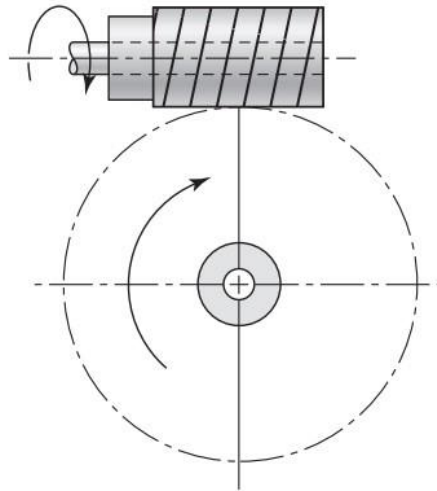


Figura 30. Los engranajes de tornillo sinfín transmiten movimiento de rotación entre ejes no paralelos que no se intersecan

Fuente: (Budynas & Keith, 2008)

4.4.2 Transmisión por bandas.

Este sistema de transmisión utiliza una correa para transferir energía mecánica entre dos poleas. Es un sistema simple y económico que se utiliza en aplicaciones como la transmisión de potencia en motores pequeños, sistemas de ventilación y maquinaria ligera. Las correas pueden ser de diferentes materiales, como goma, poliuretano, etc. (García, 2004). Las características principales de las correas son las siguientes:

- Se pueden conectar ejes muy separados.
- Excepto en el caso de las bandas de sincronización, existe un cierto deslizamiento y fluencia.
- Son elementos de transmisión silenciosos, baratos, de poco mantenimiento y fácilmente reemplazables.
- En algunos casos se requiere de una polea guía o tensora para evitar ajustes en la distancia entre centros, que por lo general se necesitan debido al envejecimiento de las bandas.
- Funcionan como fusible mecánico, al igual que las chavetas, protegiendo de posibles sobrecargas durante el funcionamiento.

Tipos de correas

En el mercado se puede encontrar una gran variedad de tipos de correas. Los cuatro tipos principales de correa son las planas, redonda, las trapezoidales o en V, y las sincronizantes. En la **Figura 31**, se ilustra la geometría de los tipos de correa que existen y que se puede emplear en el diseño mecánico todo depende de los requerimientos del sistema.




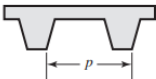
Tipo de banda	Figura	Unión	Intervalo de tamaños	Distancia entre centros
Plana		Sí	$t = \begin{cases} 0.03 \text{ a } 0.20 \text{ pulg} \\ 0.75 \text{ a } 5 \text{ mm} \end{cases}$	No hay límite superior
Redonda		Sí	$d = \frac{1}{8} \text{ a } \frac{3}{4} \text{ pulg}$	No hay límite superior
Tipo V		Ninguna	$b = \begin{cases} 0.31 \text{ a } 0.91 \text{ pulg} \\ 8 \text{ a } 19 \text{ mm} \end{cases}$	Limitada
De sincronización		Ninguna	$p = 2 \text{ mm y mayor}$	Limitada

Figura 31. Características de algunos tipos comunes de bandas. Las figuras son secciones transversales con excepción de las bandas de sincronización, donde la vista es lateral

Fuente: (Budynas & Keith, 2008)

4.4.2.1 Banda plana o redonda

Las transmisiones de banda plana consisten en un núcleo elástico fuerte rodeado por un elastómero; estas bandas tienen notables ventajas sobre las transmisiones de engranes y las de banda en V. Una transmisión de banda plana presenta una eficiencia de aproximadamente 98 por ciento, que es más o menos igual a la de una transmisión por engranes. Las de banda plana producen muy poco ruido y absorben más vibración torsional del sistema que las de banda en V o los engranes, ver **Figura 32**.

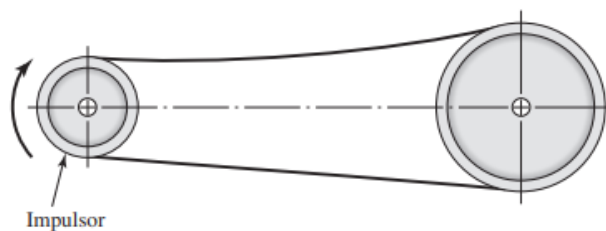


Figura 32. Ilustración de un sistema de transmisión de potencia por banda plana

Fuente: (Budynas & Keith, 2008)

4.4.2.2 Banda tipo V

El diseño clásico en V inicial reemplazó las correas de cuero al hacerse cargo de sus aplicaciones en una amplia gama de industrias, como la agricultura, la ventilación y la maquinaria industrial. Las correas trapezoidales son capaces de cubrir un rango de carga

desde fraccional menos de 1 HP hasta 500 caballos de fuerza. Son menos eficientes que las correas trapezoidales estrechas y, en general, contribuyen a cargas de rodamiento más altas.

Sin embargo, las correas trapezoidales tienen una alta tolerancia a las malas condiciones de funcionamiento. El formato general del número de parte es el tamaño de la sección transversal y la longitud interior en pulgadas (por ejemplo, B50 es una sección B de 50 pulgadas de longitud interior).

Las dimensiones generales de la sección transversal que se utilizan. Se muestran a continuación en la **Figura 33**.

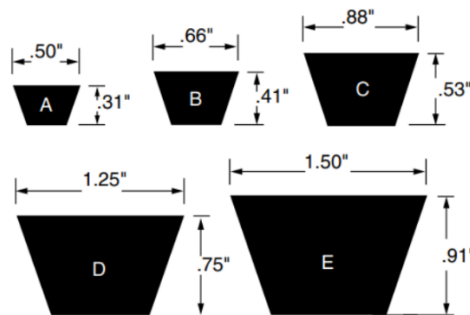


Figura 33. Sección de las correas trapezoidales estandarizadas

Fuente: (Garcia, 2004)

4.4.2.3 Bandas de sincronización

Una banda de sincronización se hace con tela ahulada cubierta con una tela de nailon que internamente tiene un alambre de acero, a fin de resistir la carga de tensión. Tiene dientes que entran en ranuras axiales formadas en la periferia de las poleas **Figura 34**. Una banda de sincronización no se estira ni se desliza, y en consecuencia transmite potencia a una relación constante de velocidad angular. No requiere tensión inicial. Dichas bandas pueden operar sobre un intervalo muy amplio de velocidades, tienen eficiencias en el intervalo de 97 a 99 por ciento.

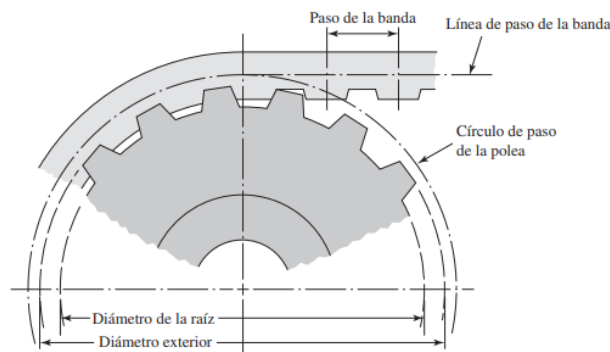


Figura 34. Transmisión por banda de sincronización que muestra partes de la polea y de la banda. Observe que el diámetro de paso de la polea es mayor que la distancia diametral a lo largo de las crestas de los dientes

Fuente: (Budynas & Keith, 2008)

Al igual se dispone de ciertos pasos estandarizados que vienen dados en la unidad de pulgadas **Tabla 2**. Todo depende del servicio que va a realizar la banda de sincronización.

Tabla 2. Pasos estándares de bandas de sincronización

Servicio	Designación	Paso p, pulgadas
Extraligero	XL	1/5
Ligero	L	3/8
Pesado	H	1/2
Extrapesado	XH	7/8
Doble extrapesado	XXH	1 $\frac{1}{4}$

Fuente: (Budynas & Keith, 2008)

4.4.3 Transmisión por cadenas o rodillos.

Las transmisiones por cadenas son la mejor opción para aplicaciones donde se requiere transmitir grandes pares de fuerzas y donde los ejes de transmisión se mueven en un rango de velocidad de giro de medias y bajas.

Las cadenas son transmisiones robustas que permiten trabajar en condiciones ambientales adversas, aunque requieren de lubricación, pueden ser de diferentes materiales, como acero, aleaciones especiales, etc.

La ANSI estandarizó las cadenas de rodillos con respecto a sus tamaños, **Figura 35**. El paso es la distancia lineal entre los centros de los rodillos, el ancho es el espacio entre las placas de eslabón interiores (Nicolas, 1999).

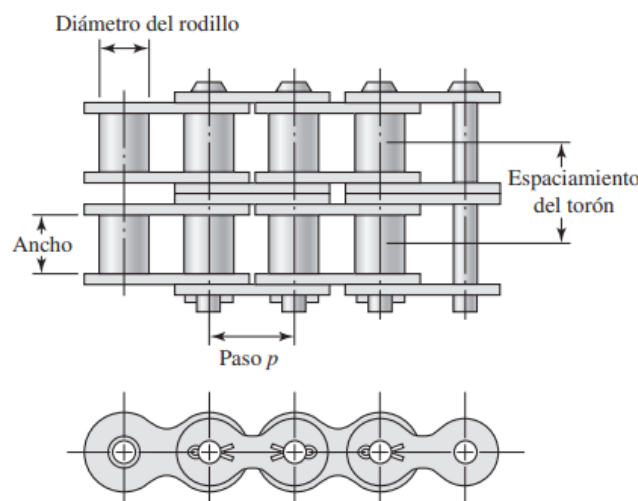


Figura 35. Parte de una cadena de rodillos de doble torón

Fuente: (Budynas & Keith, 2008)

Estas cadenas se fabrican de hileras sencillas, dobles, triples y cuádruples. Las dimensiones de los tamaños estándar se proporcionan en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Dimensiones de cadenas estándares de rodillos americanas: torón sencillo.
Compilada de la norma ANSI B29.1-1975.

Número de cadena ANSI	Paso, pulg (mm)	Ancho, pulg (mm)	Resistencia mínima a la tensión (N)	Peso promedio lbf/pie (N/m)	Diámetro del rodillo, pulg (mm)	Espaciamiento de hileras múltiples, pulg (mm)
25	0.250 (6.35)	0.125 (3.18)	780 (3 470)	1.09 (1.31)	0.130 (3.30)	0.252 (6.40)
35	0.375 (9.52)	0.188 (4.76)	1 760 (7 830)	0.21 (3.06)	0.200 (5.08)	0.399 (10.13)
41	0.500 (12.70)	0.25 (6.35)	1 500 (6 670)	0.25 (3.65)	0.306 (7.77)	
40	0.500 (12.70)	0.312 (7.94)	3 130 (13920)	0.42 (6.13)	0.312 (7.92)	0.566 (14.38)
50	0.625 (15.88)	0.375 (9.52)	4 880 (21 700)	0.69 (10.1)	0.400 (10.16)	0.713 (18.11)
60	0.750 (19.05)	0.500 (12.7)	7 030 (31 300)	1.00 (14.6)	0.469 (11.91)	0.897 (22.78)
80	1.000 (25.40)	0.625 (15.88)	12 500 (55 600)	1.7 1 (25.0)	0.625 (15.87)	1.153 (29.29)
100	1.250 (31.75)	0.750 (19.05)	19 500 (86 700)	2.58 (37.7)	0.750 (19.05)	1.409 (35.76)
120	1.500 (38.10)	1.000 (25.40)	28 000 (124 500)	3.87 (56.5)	0.875 (22.22)	1.789 (45.44)
140	1.750 (44.45)	1.000 (25.40)	38 000 (169 000)	4.95 (72.2)	1.000 (25.40)	1.924 (48.87)
160	2.00C (50.80)	1.250 (31.75)	50 000 (222 000)	6.61 (96.5)	1.125 (28.57)	2.305 (58.55)
180	2.250 (57.15)	1.406 (35.71)	63 000 (280 000)	9.06 (132.2)	1.406 (35.71)	2.592 (65.84)
200	2.500 (63.50)	1.500 (38.10)	78 000 (347 000)	10.96 (159.9)	1.562 (39.67)	2.817 (71.55)
240	3.00 (76.70)	1.875 (47.63)	112 000 (498 000)	16.4 (239)	1.875 (47.62)	3.458 (87.83)

Fuente: (Budynas & Keith, 2008)

4.4.3.1 Partes de una cadena de rodillos

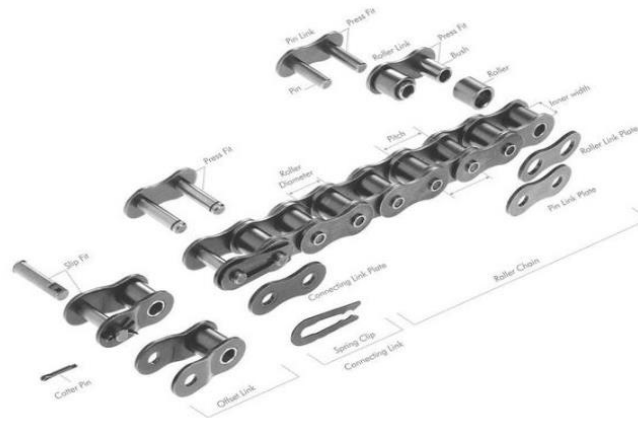


Figura 36. Partes principales de una cadena de rodillos

Fuente: IndustryStore

Placa de enlace (Link Plate):

La placa es el componente que soporta la tensión que se coloca en la cadena. Normalmente, es una carga repetida, a veces acompañada de impactos. Por lo tanto, la placa no solo debe tener una excelente resistencia a la tracción estática, sino que también debe resistir a las fuerzas dinámicas de la carga y los impactos (García, 2004).

Pasador (Pin):

El pasador está sujeto a las fuerzas de cizallamiento y flexión que transmite la placa. Al mismo tiempo, forma una pieza que soporta las cargas (junto con el casquillo) cuando la cadena se flexiona durante el engranaje con la rueda dentada. Por consiguiente, el pasador necesita una alta resistencia a la tracción, al cizallamiento y a la flexión, así como también la suficiente resistencia ante los impactos y el desgaste (García, 2004).

Casquillo (Bush):

El casquillo está sujeto a las fuerzas complejas que provienen de todas las piezas, especialmente de la repetición de cargas de impacto cuando la cadena se engrana con la rueda dentada. Además, cuando la cadena se articula, la superficie interna forma una parte que soporta carga junto con el pasador. Es por eso que el casquillo necesita una resistencia a los impactos extremadamente alta (García, 2004).

Rodillo (Roller):

El rodillo está sujeto a la carga de impacto mientras se une con los dientes de la rueda dentada durante el engranaje de la cadena con la rueda dentada. Después del engranaje, el rodillo cambia su punto de contacto y equilibrio. Se sostiene entre los dientes de la rueda dentada y el rodillo, y se mueve en el frente del diente mientras recibe una carga de

compresión. Por eso, debe ser resistente al desgaste y aun así soportar los impactos, la fatiga y la compresión (Garcia, 2004).

4.4.3.2 Características del sistema

Análisis Cinemático

En toda cadena de transmisión, cada vez que se produce el engrane de un eslabón con la rueda dentada, se produce una variación tanto en la trayectoria como la velocidad del eslabón. Es lo que se conoce como "efecto poligonal".

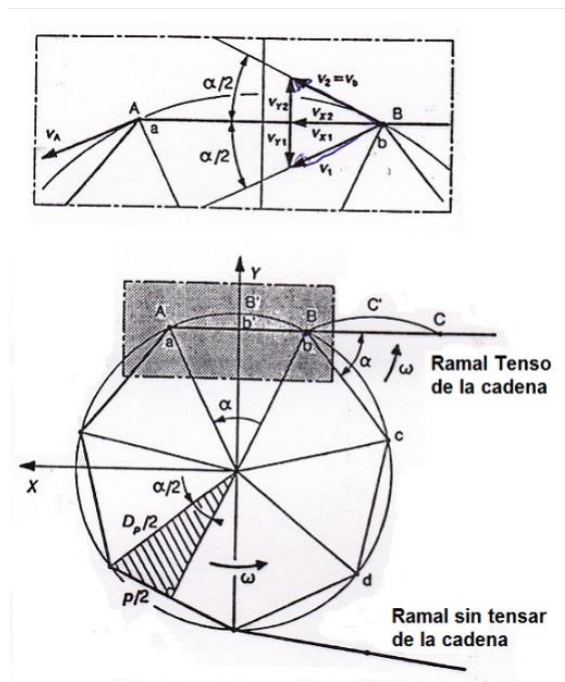


Figura 37. Movimiento de la cadena sobre la rueda dentada (catalina)

Fuente: (Rodríguez Galbarro, 2023)

En la **Figura 37**, B representan puntos pertenecientes a la rueda y a la cadena respectivamente, ω es la velocidad angular a la que gira la rueda dentada y D_p es su diámetro primitivo. La velocidad lineal de la rueda (V_b) viene expresada en función de su velocidad angular de giro (ω) y su diámetro primitivo (D_p) como en la **Ecuación 9**:

$$V_b = \frac{D_p \times \omega}{2} \quad (9)$$

Donde

V_b = Velocidad lineal.

D_p = Diámetro primitivo

ω = Velocidad angular

Por otro lado, y debido al llamado efecto poligonal, la proyección horizontal de la velocidad del punto B de la cadena (V_{bx}) varía a lo largo del arco de engrane. Esta variación de la velocidad horizontal de la cadena se hace menor conforme aumenta el número de dientes (z) de la rueda. En efecto, si aumenta el número de dientes (z) de la rueda, el ángulo entre dientes disminuye, por lo que la geometría poligonal tiende a semejarse a una circunferencia.

No obstante, el número de dientes de la rueda no puede aumentar demasiado, dado que esto supone que la altura de los mismos se hace más pequeña y la posibilidad de desengranar la cadena, es decir, que se salga la cadena de la rueda dentada, será mayor.

En la **Tabla 4**, se muestra los números de dientes tanto para la rueda menor (piñón) como para la rueda mayor (catalina) más empleados.

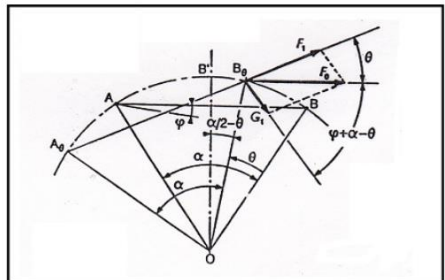
Tabla 4. Número de dientes estandarizados y comerciales.

Número de dientes, z	
Piñón o rueda menor	17 – 19 – 21 – 23 – 25
Rueda mayor	38 – 57 – 76 – 95 – 114

Fuente: (Rodríguez Galbarro, 2023)

Transmisión de esfuerzos

El valor del esfuerzo que transmite la cadena es máximo en la primera articulación del eslabón que engrana con la rueda por el ramal tenso de la cadena, y a partir de ahí este esfuerzo va gradualmente decreciendo conforme avanza por el arco de engrane hasta salir de la rueda por el ramal de la cadena que está menos tensado, esto se puede evidenciar en la **Figura 38**.



Fuente: (Rodríguez Galbarro, 2023)

siguiente **Ecuación 10**.

(10)

n= El número de articulación de la cadena.

Por otro lado, la cadena origina una reacción sobre la rueda dentada al engranar en los
s, que viene expresada por la **Ecuación 11**.

(11)

cadena hacia el ramal menos tenso.

articulaciones la reacción de la cadena sobre la rueda se realiza sobre el flanco de los dientes.

Por otro lado, la composición del esfuerzo total (F_0) que soporta la cadena, incluye a su vez los siguientes tipos de esfuerzos según el origen:

1. Una componente útil o esfuerzo útil asociado al par transmitido (F_u)
2. Otra componente del esfuerzo asociado a la fuerza centrífuga de la cadena (F_c)
3. Una última componente asociada al peso propio de la cadena o esfuerzo de la catenaria (F_p).

El esfuerzo total (F_0) en la cadena se obtiene sumando las componentes anteriores,

Ecuación 12:

$$F_0 = F_u + F_c + F_p \quad (12)$$

Donde:

F_0 = Esfuerzo total.

F_u = Par transmitido

F_c = Fuerza centrífuga.

F_p = Esfuerzo de la catenaria (catalina)

Potencia transmitida

La potencia transmitida por la cadena viene determinada por el esfuerzo útil (F_u) y su velocidad lineal promedio (v):

$$P = F_u \times V \quad (13)$$

Donde:

P = Potencia transmitida.

F_u = Esfuerzo útil.

V = Velocidad lineal.

Siendo (F_u) el esfuerzo útil asociado al par de fuerza transmitido, y (v) la velocidad lineal promedio de la cadena, que a su vez puede ser expresada en función de la velocidad angular de giro (ω) y el diámetro primitivo (D_p) de la rueda dentada como, **Ecuación 14.**

$$V = \frac{D_p \times \omega}{2} \quad (14)$$

Donde:

V = Velocidad lineal.

D_p = Diámetro primitivo.

ω = Velocidad angular.

No obstante, para el cálculo y diseño de las cadenas de transmisión se usará la potencia corregida de cálculo (P_c), obtenida a partir de la potencia transmitida (P) anterior afectada por unos coeficientes que tendrá en cuenta diversos aspectos del montaje y uso de la cadena:

$$P_c = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times P \quad (15)$$

A continuación, se expone cómo obtener los valores de los anteriores coeficientes:

Coefficiente K1: Tiene en cuenta que el número de dientes de la rueda pequeña o piñón sea distinto de 19. En efecto, si el número de dientes del piñón es igual a 19 el coeficiente (K_1) toma de valor la unidad ($K_1 = 1$). En caso contrario, se puede tomar como primera aproximación para el valor de (K_1) la proporcionada por la siguiente **Ecuación 16**.

$$K_1 = \frac{19}{z} \quad (16)$$

Donde:

z = El número de dientes de la rueda pequeña o piñón.

Como segunda opción para calcular el coeficiente (K_1) se puede emplear la siguiente gráfica de la **Figura 39**.

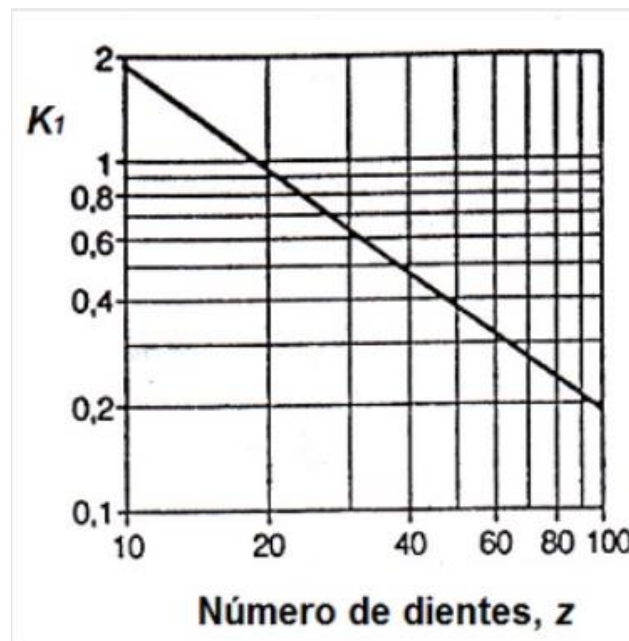


Figura 39. Coeficiente K1
Fuente: (Rodríguez Galbarro, 2023)

Coefficiente K2: Es el coeficiente de multiplicidad que tiene en cuenta el número de cadenas empleadas en la transmisión (si es simple, es decir, con una cadena, o bien si es una transmisión con doble cadena, o triple). En la **Figura 40**, podemos seleccionar el coeficiente K_2 tomando como referencia el número de cadenas.

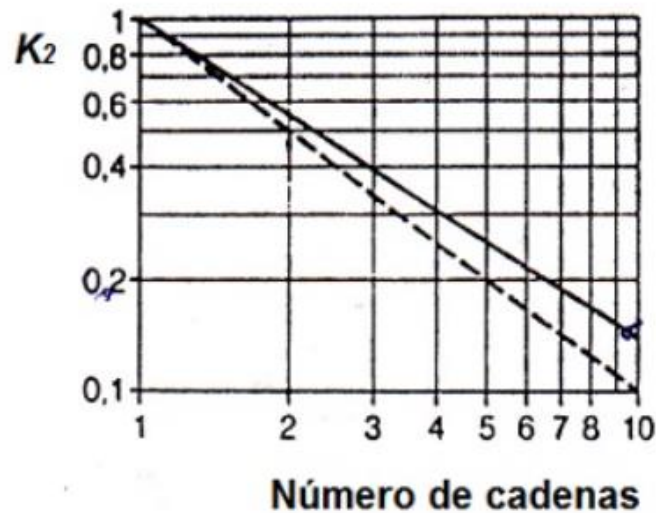


Figura 40. Coeficiente k2, coeficiente de multiplicidad.
Fuente: (Rodríguez Galbarro, 2023)

Coeficiente K3: Tiene en cuenta el número de eslabones o enlaces que conforman la cadena, observar **Figura 41**.

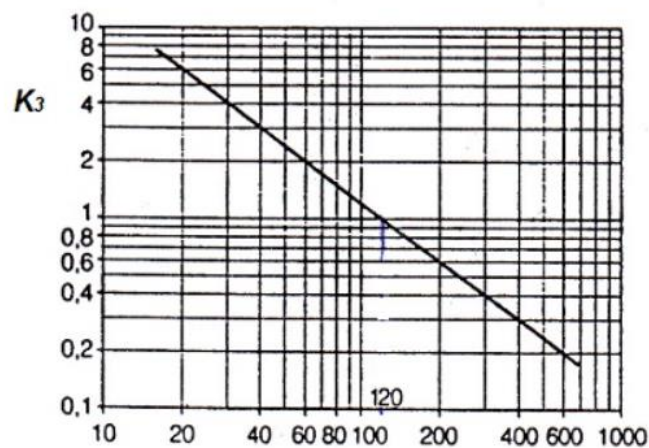


Figura 41. Coeficiente k3, número de eslabones.
Fuente: (Rodríguez Galbarro, 2023)

$$(n) \times \frac{2}{N} \quad (17)$$

Donde:

n= El número de eslabones o enlaces de la cadena.

N= El número de ruedas de la transmisión.

Coeficiente K4: Es el factor de servicio que tiene en cuenta las condiciones en que trabaja la transmisión, **Tabla 5**.

Tabla 5. Coeficiente K4, factor de servicio.

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna
Uniforme (agitadores, ventiladores, transporte con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, grúas, transportadores pesados, mezcladores de alimento y molinos).	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamientos de molinos de rodillos).	1.4	1.5	1.7

Fuente: (Rodríguez Galbarro, 2023)

Coeficiente K5: Es el coeficiente de duración en función de la vida útil prevista para la cadena, **Figura 42**.

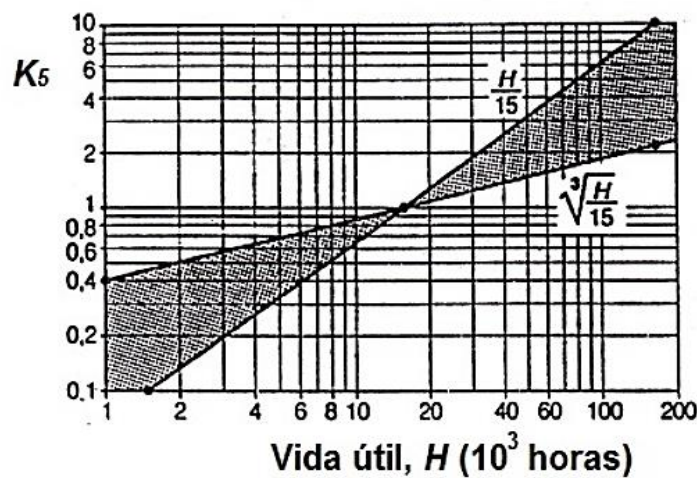


Figura 42. Coeficiente K5, coeficiente de vida útil.

Fuente: (Rodríguez Galbarro, 2023)

Una vez obtenido los valores de los distintos coeficientes se calcula el valor de la potencia corregida de cálculo (P_c) a partir de la **Ecuación 18**.

$$P_c = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times P \quad (18)$$

Con el valor de la potencia corregida de cálculo (P_c) obtenida y la velocidad de giro de la rueda pequeña o piñón se elige en la **Figura 43** la serie y tipo de cadena necesaria y su paso.

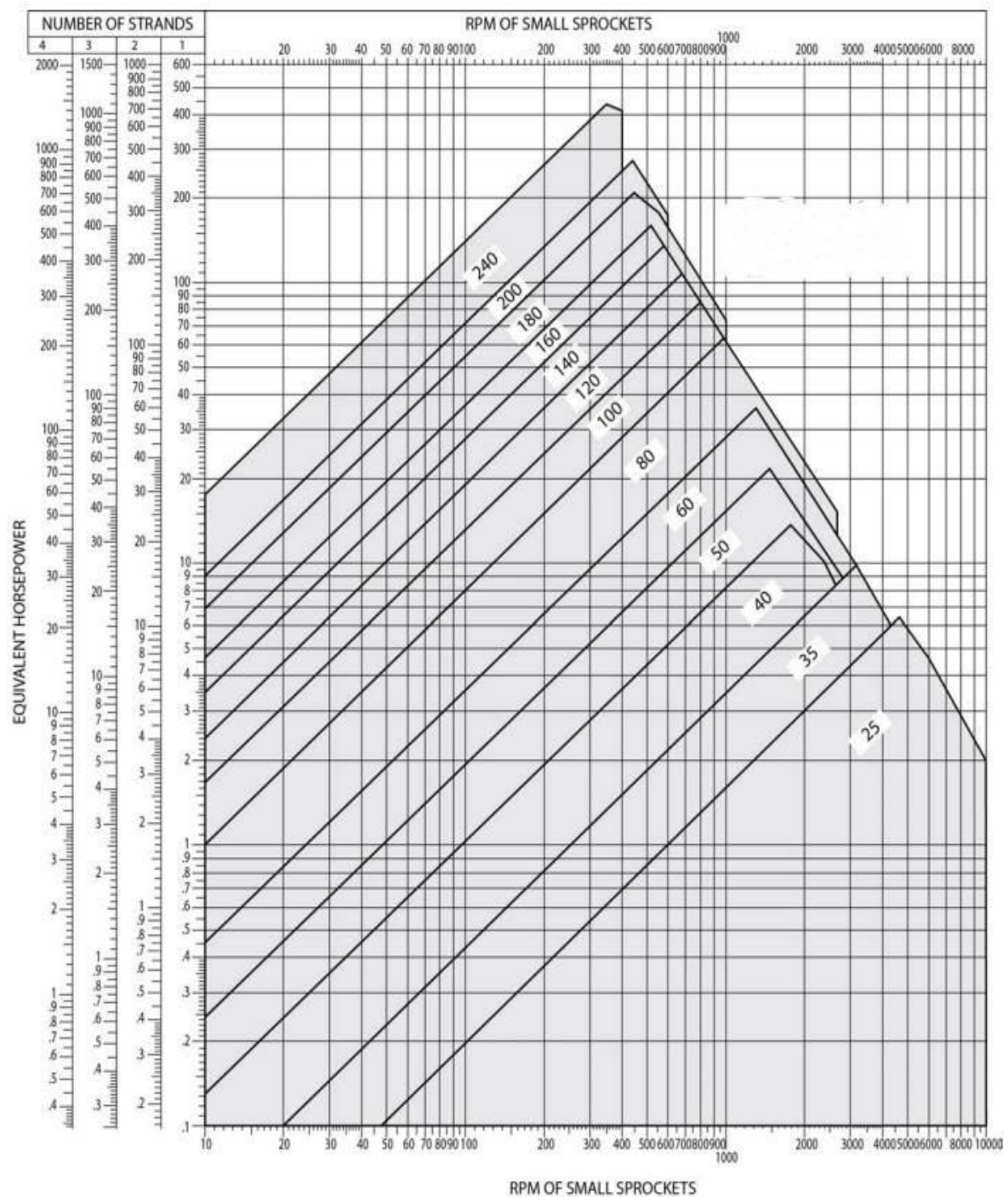


Figura 43. Diagramas para la selección de cadenas de transmisión de potencia

Fuente: (Rodríguez Galbarro, 2023)

4.4.4 Relación de transmisión.

Se denomina relación de transmisión (i) a la relación de velocidades angulares que existe entre dos ejes que están conectados de alguna forma, ya sea por medio de engranajes,

correas, cadenas, etc. (Budynas & Keith, 2008). Para determinar si es una relación de transmisión de reducción o multiplicación se emplea la siguiente **Ecuación 19**.

$$i = \frac{N_2}{N_1} \quad (19)$$

Donde:

i : Relación de transmisión.

N_1 : Revoluciones del piñón conductor.

N_2 : Revoluciones del piñón conducido.

4.4.5 *Revoluciones en el eje conducido*

Las revoluciones alcanzadas en el eje conducido están dadas por la relación de transmisión instalada y las revoluciones del eje conductor, lo podemos determinar apartir de la **Ecuación 20**:

$$N_1 \times Z_1 = N_2 \times Z_2 \quad (20)$$

Donde:

N_1 : Revoluciones del piñón conductor

Z_1 : Número de dientes del piñón conductor

N_2 : Revoluciones del piñón conducido

Z_2 : Número de dientes del piñón conducido

4.4.6 *Análisis de la eficiencia global del sistema.*

Para determinar la eficiencia global del sistema se calcula teniendo en cuenta la potencia eléctrica generada y la potencia mecánica, esto debido a las pérdidas por rozamiento en la transmisión. La **Ecuación 21** es la siguiente:

$$\eta = \frac{\dot{W}_E}{\dot{W}_M} \quad (21)$$

Donde:

η : Eficiencia del sistema generador de electricidad

\dot{W}_E : Potencia eléctrica

\dot{W}_M : Potencia mecánica

4.4.6.1.1 *Potencia eléctrica*

La potencia eléctrica es la relación de energía de un flujo por unidad de tiempo, por lo tanto, potencia es igual a tensión a la que se conecta el receptor, por la intensidad que atraviesa el receptor, se determina por la **Ecuación 22**.

$$\dot{W}_E = V \times I \quad (22)$$

Donde:

\dot{W}_E : Potencia eléctrica

V : Tensión

I : Corriente

4.4.6.1.1 Potencia mecánica

La potencia mecánica es el trabajo desarrollado por un elemento para desplazar o rotar un cuerpo en la unidad del tiempo. Se puede transmitir por el accionamiento de un mecanismo o por esfuerzo físico realizado a dicho cuerpo, se determina por la **Ecuación 23**.

$$\dot{W}_M = T \times \omega \quad (23)$$

Donde:

\dot{W}_M : Potencia mecánica

T : Par generado

ω : Velocidad angular

Para determinar el par o torque generado se utiliza la siguiente **Ecuación 24**, donde se debe tener presente los valores de fuerza y longitud.

$$T = F \times L \quad (24)$$

Donde:

F : Fuerza aplicada

L : Longitud de la biela

4.4.7 Carga efectiva

La carga efectiva depende de la capacidad de almacenamiento de la batería la cual viene definida por las variables de tensión y corriente. Una batería no logra retener toda la carga eléctrica que recibe ya que siempre va a tener sus pérdidas eléctricas, por ende, es indispensable calcular el porcentaje de efectividad de la batería. Según (Roa, 2016), esto lo obtenemos empleando la **Ecuación 25**.

$$\%_{carga\ efectiva} = \frac{Carga\ efectiva_{promedio}}{Carga\ generada_{promedio}} * 100\% \quad (25)$$

Donde:

Carga efectiva: Es la carga que la batería aprovecha almacenando.

Carga Generada: Es la carga que recibe la batería del generador.

4.4.8 Tiempo de carga de batería

Según Gutiérrez (2016), se calcula el tiempo que demora la batería en cargarse sin considerar pérdidas de la siguiente manera, empleando la **Ecuación 26**.

$$T_c = \frac{Ah(\text{capacidad de la batería})}{A(\text{capacidad del cargador})} \quad (26)$$

Donde:

T_c= Tiempo de carga de la batería en horas.

Ah= Capacidad de la batería.

A= Capacidad del cargador.

4.5 Regulador de voltaje

Los reguladores son dispositivos electrónicos usados para controlar el rango admisible de tensión en las baterías puesto que estas solo admiten cierto valor de tensión el cual no puede exceder ni estar por debajo del rango admitido por la batería (Hart, 2001).

Dependiendo del uso que se requiera existen algunas configuraciones y tipos de reguladores que se describen a continuación:

4.5.1 Regulador reductor

En el regulador reductor, el voltaje de salida es menor que el voltaje de entrada DC, el reductor pretende entregar un voltaje de salida puro sin tener variaciones al solo usar un transistor, con ello logra ser altamente eficiente un 90%. Aunque en algunos casos el voltaje de salida puede ser algo difícil de estabilizar (Rashid, 2008).

4.5.2 Regulador elevador

El regular elevador efectúa el proceso de forma inversa al anterior, puesto que a la entrada se aplica un voltaje inferior al que se desea obtener a la salida. De igual forma se busca obtener un voltaje fijo en la salida sin importar las variaciones pequeñas que se tenga a la entrada. (Rashid, 2008).

4.6 Controlador de Carga

El controlador de carga solar o también conocido como regulador de carga es un dispositivo electrónico encargado de dirigir y regular el ingreso de corriente a las baterías, en definitiva, el controlador de carga evita las sobrecargas y descargas de las baterías optimizando su estado de carga, manteniendo su vida útil.

El controlador de carga se instala entre los paneles solares (generador eléctrico) y el banco de baterías controlando el flujo de energía que circula entre ambos elementos, **Figura 44.**



Figura 44. Controlador de carga de paneles solares
Fuente: Empresa Europe-Solarstore

4.6.1 Curva de regulación de un controlador de carga.

Dentro de un ciclo de carga empleando del controlador de carga se ejecutan tres etapas como los son: la etapa de carga, etapa de flotación y etapa de carga útil o aprovechada por la batería, **Figura 45**.

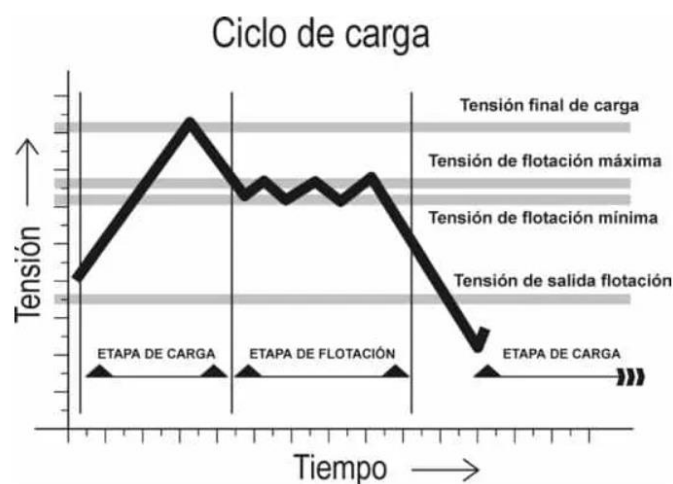


Figura 45. Curva característica de un regulador de carga
Fuente: (Morales Peñafiel & Gómez Bravo, 2022)

La carga rápida inicial es, de hecho, una sobrecarga controlada. Sin embargo, para que la carga resulte completa y eficiente, es decir, para eliminar el sulfato depositado en las placas de la batería durante la descarga anterior, debería permitirse el paso de corriente durante un cierto tiempo (manteniendo la tensión constante). Esto supone la aparición de otra etapa, entre la carga rápida inicial y la de flotación, llamada de absorción, y en consecuencia la aparición de los reguladores de tres etapas.

Podemos ver en la **Figura 46**, la curva del ciclo de carga de un regulador de tres etapas.

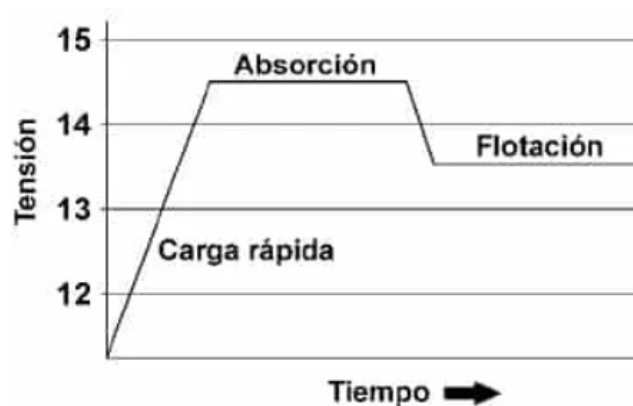


Figura 46. Curva característica de un regulador de carga de tres etapas
Fuente: (Morales Peñafiel & Gómez Bravo, 2022)

Regulador de carga PWM

Con el regulador de carga PWM, **Figura 47**. Los módulos trabajan a la tensión que esté cargada la batería, lo cual se traduce en pérdidas de energía. En cuanto la batería llega a la tensión señalada, comienza a impedir el contacto entre los módulos y la batería para evitar una sobrecarga lo que se denomina fase de absorción, pero así se produce un descenso de rendimiento energético, lo que supone un gran obstáculo.



Figura 47. Regulador de carga de tipo PWM
Fuente: Tomada de AutoSolar

Regulador de carga MPPT

También llamados maximizadores, dado que su funcionamiento aprovecha la máxima producción del panel solar para la carga de la batería. Además de cortar el paso de corriente hacia la batería cuando se encuentra cargada, este tipo de regulador recibe la producción máxima del panel haciéndolo trabajar en su punto máximo. Internamente ajusta ese voltaje, que siempre es superior al requerido por la batería al voltaje necesario con una gran eficiencia en la conversión, ganando intensidad conservando la potencia total de producción. Aunque pueden trabajar con paneles y baterías en la misma tensión nominal, su funcionamiento es

más eficiente si aumentamos la tensión del campo fotovoltaico (Morales Peñafiel & Gómez Bravo, 2022).



Figura 48. Regulador de carga de tipo MPPT
Fuente: Tomada de AutoSolar.

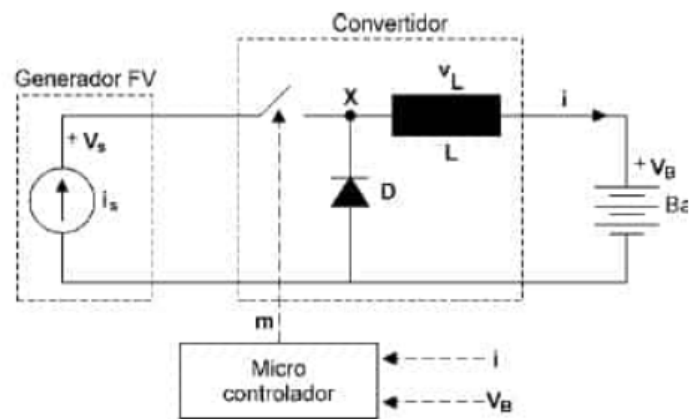


Figura 49. Esquema del circuito eléctrico del regulador de carga tipo MPPT
Fuente: (Morales Peñafiel & Gómez Bravo, 2022)

Mediante el uso de un regulador de carga MPPT se puede aumentar la potencia entregada por los módulos fotovoltaicos en un 30% y usar paneles solares que eran de uso típicamente para conexión a red.

4.7 Baterías

Una batería es un generador portátil que convierte la energía química en energía eléctrica, liberan energía como corriente continua de forma controlada. Por tal motivo se denominan acumuladores ya que acumulan energía.

Es un dispositivo que, formado por una o varias celdas electroquímicas, puede convertir la energía química que almacena en electricidad. A diferencia de las pilas, la reacción química que permite su funcionamiento es reversible, lo que permite volver a cargar la batería por medios eléctricos. Las baterías principalmente se dividen en desechables y recargables, también conocidas como primarias y secundarias.

Existen tres tipos de tecnologías de baterías:

- Baterías basadas en Plomo-ácido
- Baterías basadas en Electrodo de Níquel
- Baterías basadas en Litio

4.7.1 Batería de plomo y ácido

Este tipo de baterías basa su funcionamiento en la pila electroquímica. Es decir, se disponen de dos electrodos, uno positivo y otro negativo, que al conectarlos formando un circuito cerrado, generan una corriente eléctrica.

En las baterías de plomo ácido, el electrodo positivo es una placa de plomo recubierta por óxido de plomo (II) (PbO_2) y el electrodo negativo es plomo esponjoso. Este tipo de baterías recibe el nombre de ácido debido a que la disolución donde están sumergidos ambos electrodos es ácido sulfúrico, en la **Figura 50**, se expone la representación de este tipo de batería (López Sánchez, 2019).

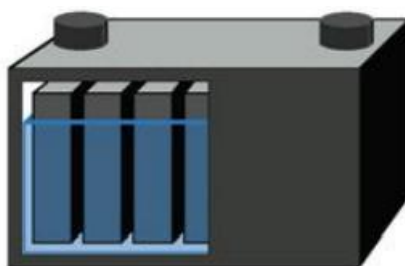


Figura 50. Batería de Plomo y ácido
Fuente: (López Sánchez, 2019)

Dentro de las baterías Plomo-Ácido encontramos dos principales grupos:

- De electrolito inundado o ventiladas (a partir de ahora VLA) donde los electrodos se encuentran sumergidos en exceso de electrolito líquido.

- Selladas o reguladas por una válvula (a partir de ahora VRLA) donde el electrolito se encuentra inmovilizado en un separador absorbente o en un gel.

Debemos tener presente que todas las baterías no nos brindan las mismas cualidades ya que cada una está destinada a ser empleada en algo específico por ende las baterías se clasifican también acorde al uso:

- Arranque: como las de los coches, proporcionan gran cantidad de energía en un corto periodo de tiempo, para dar el empuje necesario para arrancar el motor.
- Tracción: como las de un coche eléctrico o una carretilla elevadora, almacenan energía que permitirá mover la máquina, lo que generalmente requiere un gran suministro durante periodos de tiempo medios.
- Estacionarias: como las usadas en una caravana o en una estación solar, almacenan energía para suministrarla lentamente en largos periodos de tiempo.

Las baterías VRLA, en comparación con las anteriores, tienen un ciclo de vida más corto, elevadas temperaturas e intolerancia al abuso. Es una batería de respaldo usado en equipos portátiles, equipos de automatización de fábricas, pequeños dispositivos de iluminación, sistemas de alarmas, carritos eléctricos, vehículos recargables, etc.

La vida útil de cada batería está definida por los ciclos de cargar y descarga que puede soportar cada modelo o tipo de batería, **Tabla 6**.

Tabla 6. Vida útil de baterías Plomo-Ácido.

Batería	Expectativa de vida (años)	Expectativa de vida (ciclos)
Arranque	5 – 7	200 – 700
Tracción	3 – 5	1500
Estacionarias	15 – 30	-
VRLA	5 – 10	250 – 500

Fuente: (Suárez, 2012)

En cuanto a seguridad y medioambiente cabe destacar que este tipo de baterías deben de ser recicladas en contenedores especializados debido a su elevada toxicidad al llevar plomo.

La curva de carga típica de este tipo de batería se expone en la **Figura 51**.

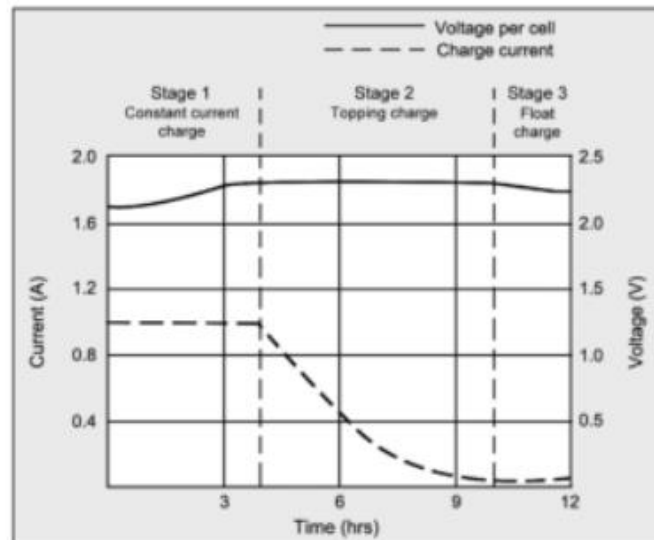


Figura 51. Carga de una batería Plomo-Ácido
Fuente: (Suárez, 2012)

Esta curva representa la carga de una célula de 2.4V, la sobre carga causa corrosión y acorta su vida útil. Típicamente tarda 8h en cargarse.

Funcionamiento en descarga: Cuando la batería se encuentra en esta etapa, se produce una corriente a través de los cambios químicos, donde el peróxido de plomo cede el oxígeno y se combina con el ácido sulfúrico, formando el sulfato de plomo (PbSO_4). De igual forma, el plomo esponjoso también se combina con el ácido sulfúrico formando el sulfato de plomo.

Funcionamiento en carga: Cuando la batería se encuentra en esta etapa, el sulfato de plomo de la placa positiva se convierte en plomo peróxido de plomo y el sulfato de plomo de la placa negativa se convierte en plomo esponjoso, en la **Figura 52**, se exponen los ciclos de carga y descarga (Nogués, 2016).

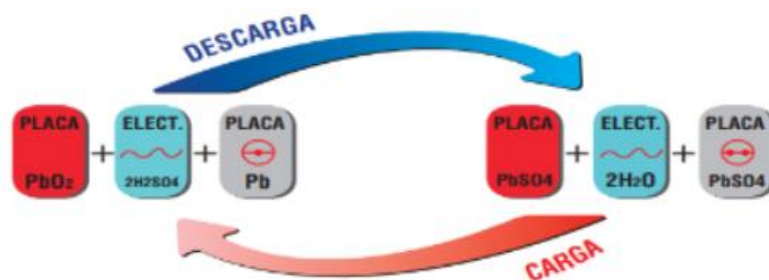


Figura 52. Etapas de carga y descarga de una batería de plomo y ácido
Fuente: (Gutiérrez, 2016)

4.7.2 Baterías basadas en electrodo de Níquel

Este tipo de tecnología es conocida en diferentes campos de aplicación debido a su amplia durabilidad, lo que conlleva a un buen ciclo de vida en comparación con otras

tecnologías. En la actualidad se disponen de diferentes grupos basados en este tipo de tecnología (López Sánchez, 2019).

4.7.2.1 Batería de Níquel Cadmio (Ni-Cd)

Este tipo de tecnología está compuesta por un cátodo de hidróxido de níquel, un ánodo de un compuesto de cadmio y un electrolito de hidróxido de potasio. Esta combinación de materiales permite que la batería pueda ser recargada una vez la energía de la misma se agote.

Utiliza la tecnología “delta peak” para hallar el estado de plena carga, puesto que se produce un aumento de tensión al llegar a dicho estado, que es detectada por el cargador y detiene el proceso de carga (Galaviz, 2020).

4.7.2.2 Batería de Níquel Metal Hidruro (Ni-MH)

Este tipo de acumuladores utilizan un ánodo de hidróxido de níquel, mientras que el cátodo está formado por una aleación de hidruro metálico. La investigación del hidruro de níquel-metal comenzó en 1967, aunque su inestabilidad llevó al desarrollo del níquel-hidrógeno (Ni-H). Pero, surgieron nuevas aleaciones en la década de 1980, que proporcionan el 40% de energía específica más alta que el Ni-Cd. Pero el níquel-metal presenta inconvenientes, ya que es una batería más delicada y más difícil de cargar que las de Ni-Cd. Presentan un 20% de autodescarga en las primeras 24 horas después de la carga y un 10% por mes a partir de entonces. Las modificaciones en los materiales de hidruro reducen la autodescarga y la corrosión de la aleación, pero disminuye la energía específica (Galaviz, 2020).

La curva típica de carga se representa a continuación en la **Figura 53**.

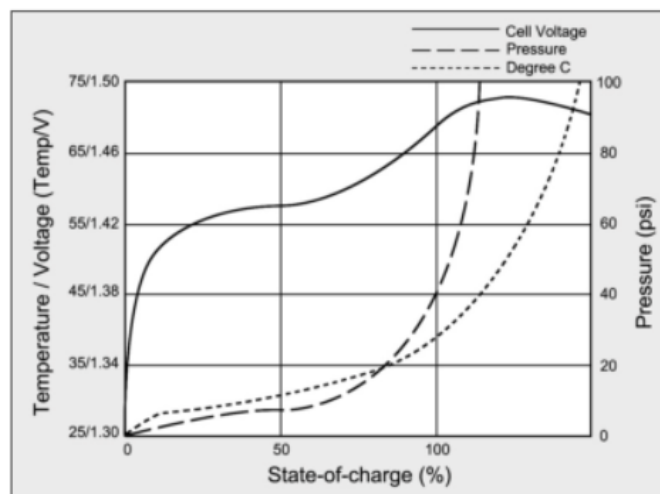


Figura 53. Curva de carga NI-MH
Fuente: (Tapia Becerra, 2018)

La batería Ni-MH tiene una carga eficiente hasta el 70%, a partir de entonces se calienta. Es por ello por lo que se requiere un sistema de detección de carga y otro de detección de temperatura, por seguridad. Las baterías de NiCd y Ni-MH cargan entre 1 y 3 horas, y el ratio de menor Carga es 0.05C.

Este tipo de batería se ha convertido en una de las baterías recargables más accesibles para el consumidor.

4.7.2.3 Batería de Níquel Hierro (Ni-Fe)

En 1899, el sueco Waldemar Junger intentó sustituir el cadmio (Ni-Cd) por hierro para ahorrar dinero, pero la pobre eficiencia de carga y la formación de gases llevaron al abandono de su estudio sin ninguna patente. Pero fue Thomas Edison en 1901 quien desarrollo la batería níquel-hierro como sustituto a la de plomo-ácido para vehículos eléctricos. Pero este desarrollo se vio detenido cuando surgieron los vehículos de gasolina y no se utilizó la batería níquel-hierro como motor de arranque, iluminación y batería de arranque para este tipo de vehículos.

Esta tecnología utiliza un cátodo de óxido de hidróxido y un ánodo de hierro con electrolito de hidróxido de potasio que produce un voltaje de celda nominal de 1.2 V. La resistencia a vibraciones y las altas temperaturas hicieron que la batería Ni-Fe fuera la preferida para la minería en Europa, durante la Segunda Guerra Mundial (Galaviz, 2020).

4.7.2.4 Batería de Níquel Hidrogeno (Ni-H)

La investigación del hidruro de níquel-metal comenzó en 1967, pero debido a los problemas de estabilidad con el metal, provocó un cambio hacia el desarrollo de Níquel-Hidrógeno. EL Ni-H utiliza un recipiente de acero para almacenar hidrógeno a 8.270 kPa. La celda incluye electrodos de níquel sólido, electrodos de hidrógeno, pantallas de gas y electrolito que se encapsulan en el recipiente presurizado (Morales Peñafiel & Gómez Bravo, 2022).

Debido a sus características, se utiliza casi exclusivamente en la industria aeroespacial, ya que una sola celda cuesta miles de dólares.

4.7.3 Baterías de Litio

El inicio de la batería basada en litio surgió en 1912 por GN Lewis, pero no fue hasta la década de los 90 cuando se empezaron a comercializar como baterías no recargables, es decir, como pilas. En 1980 se intentó realizar una batería de litio recargable, pero debido a las inestabilidades en el litio metálico utilizándolo como material de ánodo, no llegó a desarrollarse. El litio es el metal más ligero, con mayor potencial electroquímico y con mayor energía específica por peso. Lo que llevo a pensar que, si se utilizaba como electrodo

negativo, podría proporcionar densidades de energía extremadamente altas. Pero se descubrió que el ciclo de carga altera el electrodo de litio reduciendo su estabilidad térmica y provocando una potencial fuga térmica. En 1991, Sony comercializó el primer Li-ion, que, aunque era de energía específica más baja que el litio-metal, es más segura siempre que se respeten los límites de tensión y corriente. Este tipo de batería tiene un bajo mantenimiento, no tiene efecto memoria y no necesita ser descargada completamente para funcionar en perfectas condiciones. La autodescarga es menos de la mitad que los acumuladores basados en níquel, el voltaje por celda nominal es de 3.6V, que puede alimentar directamente a teléfonos móviles, tablets y cámaras digitales. El principal inconveniente son los circuitos de protección para evitar el abuso y su alto precio (Galaviz, 2020).

El ion litio utiliza un cátodo (electrodo positivo), un ánodo (electrodo negativo) y un electrolito como conductor. El cátodo es óxido de litio metálico y el ánodo está formado por carbono poroso. Durante la descarga, los iones fluyen desde el ánodo al cátodo a través del electrolito y el separador. En la carga, se invierte la dirección y los iones fluyen desde el cátodo al ánodo. Podemos ver el proceso en la siguiente **Figura 54**.

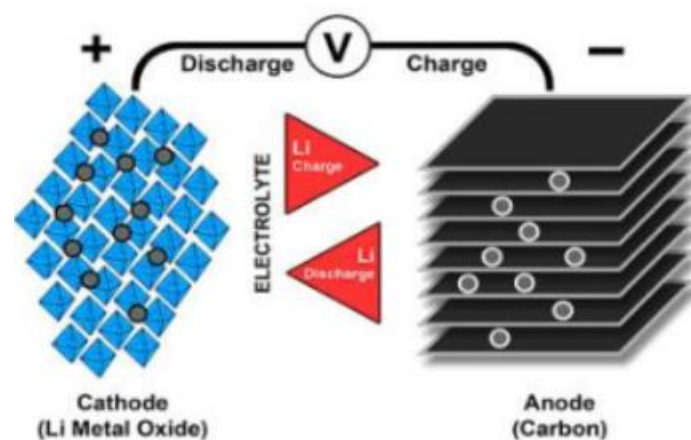


Figura 54. Flujo de iones en la batería de iones de litio
Fuente: (Suárez, 2012)

Dentro de las baterías de litio, se presentan variedades que son similares a primera vista puesto que todas tienen iones de litio, pero varían en rendimiento y elección de los materiales activos. La primera versión utilizaba carbón como electrodo positivo, pero a partir de 1997 cambiaron a grafito para lograr una curva de descarga más plana. A continuación, en la **Figura 55**, se muestra la comparativa.

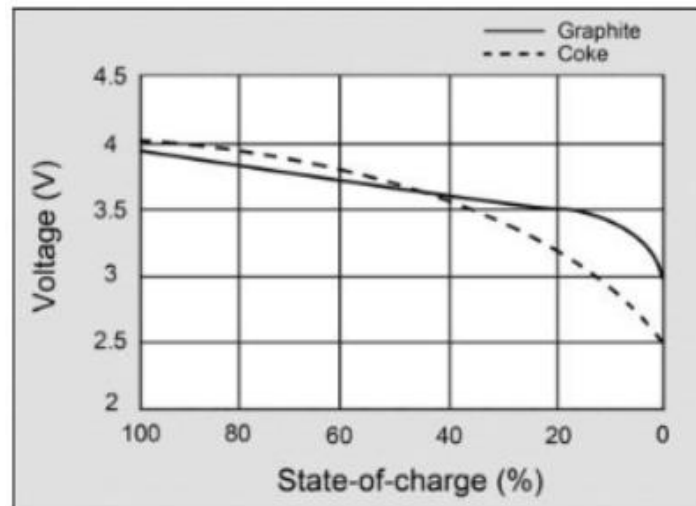


Figura 55. Curva de descarga del voltaje de iones de litio
Fuente: (Suárez, 2012)

La mayoría de las baterías de iones de litio comparten un diseño similar que consiste en un electrodo positivo de óxido de litio metálico (cátodo) que está recubierto en un colector de corriente de aluminio, un electrodo negativo(ánodo) hecho de carbono / grafito recubierto en un colector de corriente de cobre, un separador y electrolito hecho de sal de litio en un disolvente orgánico.

La expectativa de vida útil depende de la profundidad de descarga (DOD):

- DOD del 100% → 3000 ciclos.
- DOD entre 20% y 40% → 20000 ciclos.

La curva de carga típica de este tipo de baterías es la siguiente **Figura 56.**

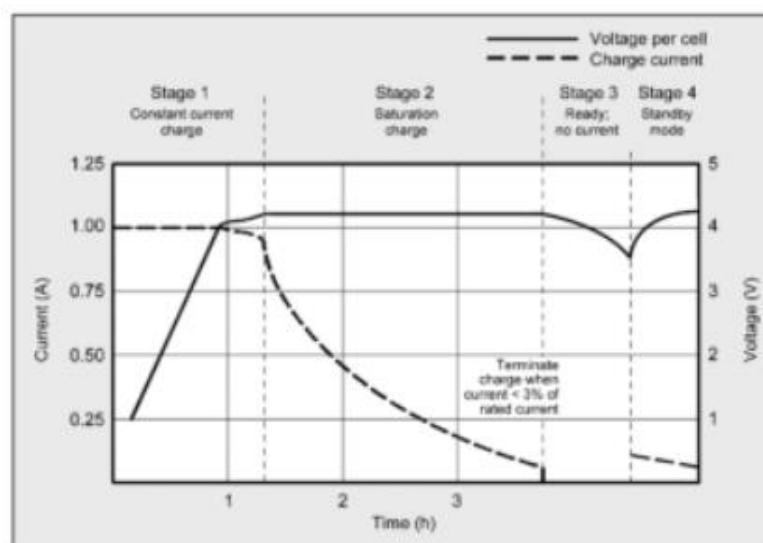


Figura 56. Curva de carga batería Litio
Fuente: (Suárez, 2012)

Esta curva es de una célula de 4.2V. Este tipo de baterías no admite la carga por goteo y el tiempo en carga se encuentra entre 1 a 3 horas. La carga completa se consigue cuando la corriente cae a un nivel establecido, la batería no admite sobrecarga. La carga o descarga por debajo de 1C reduce la vida útil.

4.8 Inversor

Un inversor es un dispositivo convertidor de corriente continua (DC o CC) a corriente alterna (AC). Su función, a partir de una entrada de DC variable o no, es llegar a obtener en la salida del dispositivo, un voltaje AC con la magnitud y la frecuencia que se requiere, además para que sea el idealmente deseado debe ser sinusoidal.

“La forma de onda sinusoidal, se genera a partir de un oscilador, generalmente es un PWM (Modulación por ancho de pulsos) y este a su vez activa unos transistores (tipos IGBT, BJT, MOSFET, MCT, SIT, GTO) los cuales son de activación y desactivación controlada y son los encargados de formar la onda cuadrada, para luego mediante un arreglo de condensadores y bobinas lograr obtener en la salida una forma de onda sinusoidal con algunos armónicos, pero lo más similar a la ideal.”, en la **Figura 57**, se exponen el diagrama de funcionamiento de un inversor (Estrada Castaño & Arenas, 2015).

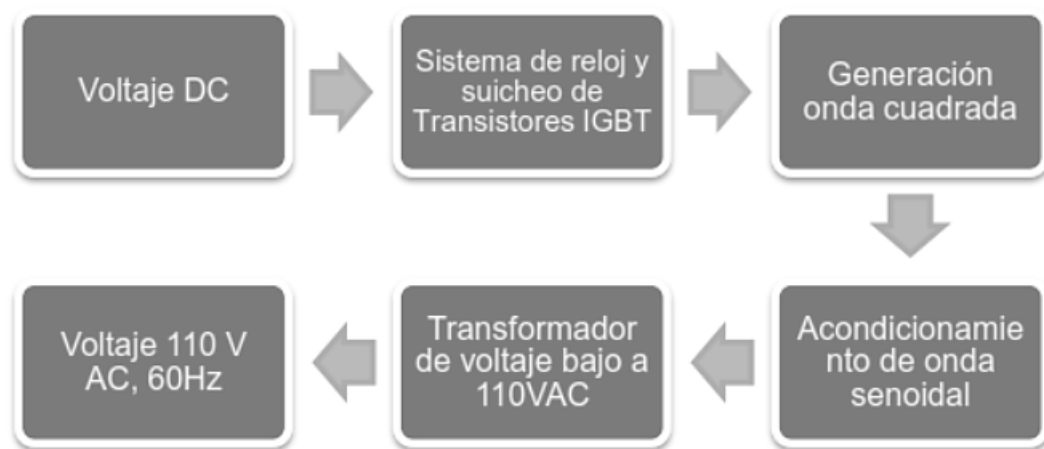


Figura 57. Diagrama de bloques del inversor

Fuente: (Estrada Castaño & Arenas, 2015)

Las aplicaciones típicas de los inversores de potencia pueden ser:

- Accionamientos de motores de CA de velocidad ajustable.
- Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI).
- Dispositivos de corriente alterna que funcionan a partir de una batería.
- Hornos de inducción., etc

Suelen distinguirse tres configuraciones o topologías de inversores: con transformador de toma media (“push-pull”), con batería de toma media (medio puente) y configuración en puente completo.

Las **Figuras 58 y 59**, muestran las configuraciones push-pull y medio puente, respectivamente. Junto a cada una de las configuraciones se muestra la forma de onda de salida correspondiente a cada una de ellas

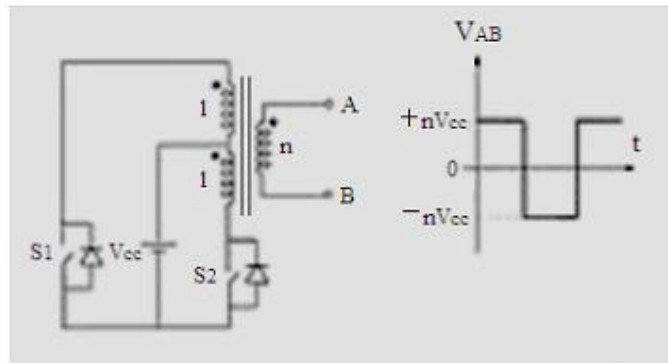


Figura 58. Inversor con transformador de toma media o push-pull
Fuente: (Salvador, 2012)

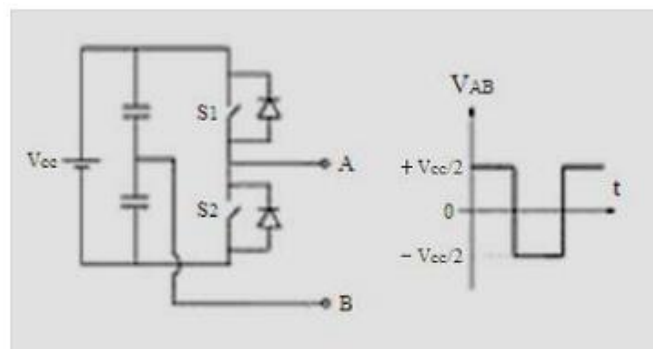


Figura 59. Inversor en medio puente
Fuente: (Salvador, 2012)

4.8.1 Partes de un Inversor

- **Control principal:** Incluye todos los elementos de control general, así como la propia generación de onda, que se suele basar en un sistema de modulación por anchura de pulsos (PWM). También se incluye una gran parte del sistema de protecciones, así como funciones adicionales relacionadas con la construcción de la forma de onda (Silva, 2014).
- **Etapas de potencia:** Esta etapa, según los módulos disponibles, puede ser única, de la potencia del inversor, o modular, en cuyo caso se utilizan varias hasta obtener la

potencia deseada, lo cual hace decrecer la fiabilidad, pero asegura el funcionamiento, aunque sea limitado, en caso de fallo de alguna de las etapas en paralelo. Las últimas tecnologías apuestan por el trabajo en alta frecuencia de los puentes semiconductores, consiguiendo mucho mejor rendimiento, así como tamaños y pesos sensiblemente menores (Silva, 2014).

- **Control de red:** Es la interfase entre la red y el control principal. Proporciona el correcto funcionamiento del sistema al sincronizar la forma de onda generada a la de la red eléctrica, ajustando tensión, fase, sincronismo, etc.
- **Seguidor del punto de máxima potencia (MPPT):** Es uno de los factores más importantes en un inversor. Su función es acoplar la entrada del inversor a los valores de potencia variables que produce el generador, obteniendo en todo momento la mayor cantidad de energía disponible, la máxima potencia.
- **Protecciones:** Los inversores de conexión a red disponen de unas protecciones adecuadas al trabajo que deben de realizar. Aparte de la normativa genérica de protección contra daños a las personas y compatibilidad electromagnética, que deben de llevar todos los dispositivos eléctricos fabricados y/o comercializados en Europa según normativa de marcado CE, estos equipos suelen incorporar como mínimo las siguientes protecciones:
 - Tensión de red fuera de márgenes.
 - Frecuencia de red fuera de márgenes.
 - Temperatura de trabajo elevada.
 - Tensión baja del generador fotovoltaico.
 - Intensidad del generador fotovoltaico insuficiente.
 - Fallo de la red eléctrica.
 - Transformador de aislamiento (obligatorio)
- **Monitorización de datos:** Los inversores más avanzados utilizan microprocesadores para su funcionamiento que facilitan una cantidad de datos importante, no sólo de los parámetros clásicos (tensión e intensidad de entrada y salida, kWh producidos y suministrados, frecuencia, etc.), sino de otros fundamentales en este caso, como pueden ser temperaturas internas de trabajo de los puentes inversores, radiación solar directa y global, temperatura ambiente. Debido al elevado coste de las instalaciones solares fotovoltaicas, durante la explotación los inversores deben ofrecer un alto rendimiento y fiabilidad.

4.9 Velocímetro

Un velocímetro es un instrumento que se encuentra en la mayoría de los vehículos motorizados, como es el caso de automóviles, motocicletas, camiones y bicicletas. Su función principal es medir y mostrar la velocidad a la que se desplaza el vehículo en un momento dado, generalmente en kilómetros por hora (km/h) o millas por hora (mph), dependiendo de la región.

Dentro de los velocímetros tenemos dos grupos principales que son los velocímetros mecánicos o análogos y digitales.

4.9.1 *Velocímetro mecánico o análogo.*

Este tipo de velocímetros se solían instalar en todos los vehículos, aunque en la actualidad ya no se usan mucho. El velocímetro mecánico se basa en un sistema más sencillo que el que emplea el electrónico, **Figura 60**. La manera en la que calcula la velocidad es mediante la medición del giro de un cable que está conectado al eje secundario de la caja de cambios. La velocidad de giro de este cable es proporcional a la velocidad de giro de las ruedas. En el otro extremo del cable hay un imán que, al girar, genera una corriente eléctrica que mueve la aguja del velocímetro sobre la escala graduada, (Soto & Galván Aguirre, 2019).



Figura 60. Velocímetro de tipo análogo
Fuente: (Altamirano, 2015)

4.9.1.1 Partes de un velocímetro análogo



Figura 61. Partes de un velocímetro análogo
Fuente: (Soto & Galván Aguirre, 2019)

- **Cable de la unidad.**

Los velocímetros mecánicos se conectan a la transmisión del coche, en vez de a las ruedas. Lo hacen mediante un cable de la unidad, que es una colección de pequeños resortes enrollados apretadamente alrededor de un hilo central (también conocido como mandril). Esta construcción hace que el cable sea lo suficientemente flexible para ser doblado y curvado a través del cuerpo del coche hasta el panel de instrumentos. El cable está conectado a un conjunto de engranajes unidos a la transmisión que lleva la rotación del motor a las ruedas. Este giro se transmite a lo largo del alambre de mandril hasta el propio instrumento (Altamirano, 2015).

- **Imán**

El cable de la unidad se extiende desde la transmisión al instrumento, donde está conectado por un engranaje espiral a un imán permanente.

- **Copa de velocidad**

El imán conectado por un cable de la unidad de la transmisión reposa en una pieza de metal con forma de copa. Esta pieza está unida a la aguja que el conductor observa, de modo que cuando la transmisión hace girar las ruedas, el movimiento se transmite a través del cable de la unidad hacia el imán. El imán gira en la copa creando un campo magnético rotatorio, que crea pequeñas corrientes eléctricas inducidas en la copa de velocidad. Esto ejerce un poco de esfuerzo de torsión en dicha copa, empujando a su vez a la aguja en la dirección en la que el campo magnético esté girando. Cuanto más rápido se accione la transmisión, más fuerte será el empuje del campo magnético sobre la copa de velocidad, y más lejos girará la aguja a su vez (Altamirano, 2015).

- **Espiral**

Una espiral resiste la fuerza de la copa de velocidad lo suficiente como para mantener la aguja en cero cuando el coche no se mueve. Esto asegura que la lectura de la aguja refleje la velocidad real del vehículo.

- **Aguja**

Conectada a la copa de velocidad, la aguja señala la velocidad del coche en el dial del instrumento en la cabina del vehículo.

4.9.2 *Velocímetros electrónicos*

Los velocímetros electrónicos utilizan un disco de metal con dientes diminutos, montado en el cigüeñal o en la transmisión y rodeado por un imán redondo. Los dientes giran y causan pulsaciones en el campo magnético, y estas se transmiten a una computadora pequeña que cuenta y traduce el número de vueltas del cigüeñal y de las ruedas y, por lo tanto, la velocidad del automóvil. Estos pueden tener una aguja y un dial, pero no son necesarios para que el sistema funcione, (Soto & Galván Aguirre, 2019).

5. Metodología

5.1 Área de trabajo

El lugar donde se efectuó el trabajo de investigación es en el bloque A2 de la Universidad Nacional de Loja, en la Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, la cual se encuentra ubicada en el sector sur de la ciudad de Loja, sector la Argelia que se exponen en la **Figura 62**.



Figura 62. Ubicación del área de estudio
Fuente: Google maps

5.2 Equipos y materiales

Para el desarrollo del proyecto se utilizará los siguientes equipos y materiales:

5.2.1 Equipos

Componentes mecánicos

- Cuadro de acero de una bicicleta estática
- Volante de inercia de 18" de fundición de aleación de acero de 20 kg
- Juego de pedales
- Sillín
- Cadena
- Catalina
- Piñón
- Buje de adaptación para catalina

Componentes eléctricos

- Generador eléctrico de imanes permanentes

- Medidor de revoluciones digital
- Regulador de tensión
- Inversor
- Batería

5.2.2 Materiales

Materiales para tomar medidas

- Flexómetro
- Pie de rey (calibrador)
- Voltímetro
- Osciloscopio

Materiales de oficina

- Paquete de office
- Solidworks
- AutoCAD
- Laptop y computadora de escritorio

5.3 Procedimiento

La elaboración del proyecto se fundamenta en el análisis cuantitativo, parte del cálculo de la potencia entregada por una persona al pedalear una bicicleta estática, con el fin de obtener energía eléctrica al transmitir la potencia mecánica a un alternador.

El método de estudio del trabajo de investigación es experimental, ya que se toman datos de la manipulación de la bicicleta estática con el fin de determinar la eficiencia del equipo.

5.3.1 Cumplimiento del primero objetivo

Para dar cumplimiento al primer objetivo se efectúa una revisión bibliográfica de conceptos que traten aspectos relevantes de generación eléctrica, ya que el fin de la investigación es presentar un prototipo que cumpla con los requerimientos necesarios para ser considerado como una fuente de energía y que a la vez sea amigable con el medio ambiente.

Posteriormente se realiza la selección de los componentes para el prototipo de generación de energía eléctrica mediante una bicicleta estática, que incluye un motor generador, un controlador de carga, una batería y un inversor, así como el sistema de transmisión de potencia necesario.

5.3.2 Cumplimiento segundo objetivo

El rendimiento del prototipo construido se obtiene realizando pruebas de pedaleo con personas en un rango de edad entre 23 y 35 años, tras lo cual se hace la medición de variables como las RPM (revoluciones por minuto) en el generador, la tensión, corriente y potencia que se generan, así como el tiempo y la velocidad alcanzada.

El cálculo de la energía mecánica entregada por una persona y la energía eléctrica generada en el sistema es necesario para determinar la eficiencia del prototipo.

5.3.3 Cumplimiento del tercer objetivo

Con base a los datos obtenidos de las pruebas realizadas al prototipo construido podemos definir un análisis técnico y económico del prototipo propuesto.

5.4 Procesamiento y análisis de datos

5.4.1 Diseño del prototipo

El diseño se efectúa considerando el aprovechamiento del espacio y la potencia disponible de acuerdo al sistema de transmisión que no requiere modificaciones complejas en la estructura de cualquier bicicleta estática, los diferentes componentes del sistema fueron conectados y ensamblados a la estructura de la bicicleta estática de tal forma que permita un pedaleo cómodo para el usuario.

La bicicleta estática seleccionada para el diseño del prototipo es una bicicleta spinning masterfit pro racing bike YC-4611E2BA-Y2-18, las características técnicas se presentan en la **Tabla 7** y el modelo de la bicicleta se expone en la **Figura 63**.



Figura 63. Bicicleta estática de la marca Spinning Masterfit
Fuente: (Fit-Force)

Tabla 7. Ficha técnica de la Bicicleta estática de la marca Spinning Masterfit.

Modelo:	Pro Racing Bike YC-4611E2BA-Y2-18
Marca:	Masterfit
Uso:	Hogar
Peso de volante:	18 kg
Tipo de transmisión:	Cadena
Tecnología:	Clásica
Manillar ajustable:	Si
Sillín ajustable:	Si
Peso máximo de Usuario:	125 kg
Tamaño del producto:	28x51x120 cm
Peso del producto:	42 kg
Otros:	posea ruedas para el transporte

Fuente: (Fit-Force)

5.4.1.1 Sistema Eléctrico

5.4.1.1.1 Motor Generador de imanes permanentes

Para la selección del generador o alternador a utilizar se consideró que el generador sea eficiente para generar electricidad y acoplarlo en la estructura de la bicicleta. Considerando los aspectos antes mencionados se selecciona el generador de imanes permanentes, VEVITTS 24VDC 350 W, que se presenta en la **Figura 64**.



Figura 64. Motor generador de imanes permanentes

Fuente: (Ebuy, s.f.)

En la **Tabla 8**, se exponen las características y especificaciones técnicas del motor seleccionado.

Tabla 8. Características y especificaciones del motor generador de imanes permanentes.

Número de modelo	YZ010 YZ011
Material del cuerpo	Aleación de aluminio y acero
Imán permanente	Imanes cerámicos (Ferrita)
Voltaje	24 VDC
Potencia	350 W
Corriente nominal	20 A
Tipo de transmisión	Cadena de paso 6.35
Diámetro del piñón	25 mm (11 dientes)
Velocidad nominal	3000 RPM
Tipo de motor	Corriente continua, cepillado
Torque	1.25 Nm (0.92 ft*lb)
Eficiencia	95 %
Peso del motor	4 libras
Dimensión del motor	5,11x3,94x4,72 in.
Diámetro del rotor	10 cm (4 in)
Rotación	Bidireccional, recomendable en sentido horario.
Otros:	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la humedad • Exterior sellado • Cojinete de bolas • Rotor revestido

Fuente: (Ebuy, s.f.)

5.4.1.1.2 Regulador de Tensión

El dispositivo para regular la tensión de carga de la batería es fundamental, este debe permitir solo el paso de un rango de voltaje que soporte la batería, considerando los requerimientos del prototipo se selecciona el regulador de tensión marca Anlixun que se presenta en la **Figura 65**.



Figura 65. Regulador de Tensión de la marca Anlixun
Fuente: (ANLIXUN, s.f.)

Este dispositivo permite regular la tensión, soporta un ingreso de máximo de 24 V y nos permite una salida de 12 V, con un rango de corriente de 1 Amperio a un valor máximo de 10 Amperios dependiendo de la corriente que ingrese al dispositivo. Adicional se implementa un diodo rectificador de 6 Amperios en la línea de fase, entre el regulador de tensión y la batería, esto se lo realiza con el objetivo de evitar que la corriente generada retorne hacia el generador y ocasione que este llegue a realizar la función de un motor.

5.4.1.1.3 *Batería*

La tensión y corriente generada por el prototipo es indispensable almacenarla para poderla utilizar, para el prototipo se selecciona la batería de la marca First Power FP 12180 que es de plomo ácido sellada herméticamente **Figura 66**, se selecciona esta batería por las prestaciones que brinda y que son ideales para el prototipo a implementar, las características técnicas se exponen en la **Tabla 9**.



Figura 66. Batería de la marca FirstPower
Fuente: (Power, s.f.)

Tabla 9. Datos técnicos de la Batería de la marca First Power.

Modelo	FP 12180
Fabricante	First Power
Tecnología	Plomo (Pb) ácido AGM VRLA sellada hermética
Voltios	12 V
Capacidad nominal	18 Ah C20
Resistencia interna	16 mΩ
Corriente máxima de descarga	270 A (5 segundos)
Esquema	Positivo derecha, negativo izquierda.
Aplicaciones	Cíclicas, Estacionarias.
Dimensiones	181x77x167 mm.
Vida útil	<ul style="list-style-type: none">- Hasta 10 años en uso estacionario a 25 °C.- Hasta 1350 ciclos al 30% de descarga D.O.D. a 25 °C.- Hasta 650 ciclos al 50% de descarga D.O.D. a 25 °C.

Fuente: (Power, s.f.)

5.4.1.1.4 Inversor

Para poder utilizar la energía generada y almacenada se la debe convertir a corriente directa o alterna, para este proposito se selecciona un inversor de la marca Linkchamp intelligent de 600 W, como se expone en la **Figura 67**, el cuál posee las especificaciones técnicas que se presentan en la **Tabla 10**.



Figura 67. Inversor DC a AC de 600W en la marca Linkchamp

Fuente: (SP, s.f.)

Tabla 10. Datos técnicos del Inversor DC a AC de 600W en la marca Linkchamp.

Voltaje de entrada	12 VCC
Voltaje de salida	110/120 VCA
Poder continuo	600 W
Forma de onda de salida	Onda sinusoidal modificada
Regulación de salida	5 % AVR inteligente
Frecuencia de salida	60 Hz
Eficiencia	90 %
Protección inversa de polaridad de entrada	Fusible
Protección contra sobrecarga de salida	Pre alarma de 620 W Apagado y alarma de 660 W
Enfriamiento	Ventilador inteligente
Dimensiones	280x173x65 mm
Peso neto	2.8 kilos

Fuente: (SP, s.f.)

5.4.1.2 Sistema de transmisión de potencia

Para la transmisión mecánica que se requiere realizar desde la bicicleta al generador se lo realiza por el mecanismo de cadena o rodillos, se selecciona una cadena número 25.

La cadena número 25 tiene un espacio de centro a centro de 1/4" entre cada pasador y es adecuada para todos los scooters eléctricos, bicicletas eléctricas, motos eléctricas y pequeños karts eléctricos.

Catalina o piñón de 55 dientes

Las características del piñón de rueda libre son **Figura 68**, 55 dientes, diámetro exterior 113,5 mm, de diámetro interior 54mm, cinco orificios de montaje de 5,25 mm de diámetro interior equiespaciados para pernos M5x0,8. Fabricado de aleación de aluminio templado (endurecido) de calidad aeronáutica con extremos de dientes biselados.



Figura 68. Catalina de 55 dientes
Fuente: (Electricscooterparts, s.f.)

Para acoplar la catalina de 55 dientes a la rueda de inercia de la bicicleta estática se ha diseñado un acople especial **Anexo 4**, el cual tiene las medidas de diámetro exterior de 85 mm, diámetro interior de 54 mm y para una sujeción adecuada a la rueda de inercia se implementó prisioneros en el acople. El acople se lo trabajo en un torno convencional utilizando acero AISI-SAE 1018, el cual es ideal para este tipo de piezas mecánicas.



Figura 69. Acople para poder unir la catalina de 55 dientes a la rueda de inercia de la bicicleta estática
Fuente: Autor

5.4.1.3 Cálculos para el diseño

Una vez determinado y seleccionado los materiales y elementos a implementar en la construcción del prototipo se proceden a realizar los respectivos cálculos para la relación de transmisión, todo esto con el objetivo de determinar si con el piñón y la catalina que se dispone se puede obtener un valor favorable del generador de energía.

Diagrama del sistema de transmisión de potencia

En la **Figura 70**, se visualiza el diagrama del sistema de transmisión de potencia por cadena de rodillos que fue implementada en el prototipo con el cual se obtuvo los rpm idóneos para poder generar energía eléctrica.

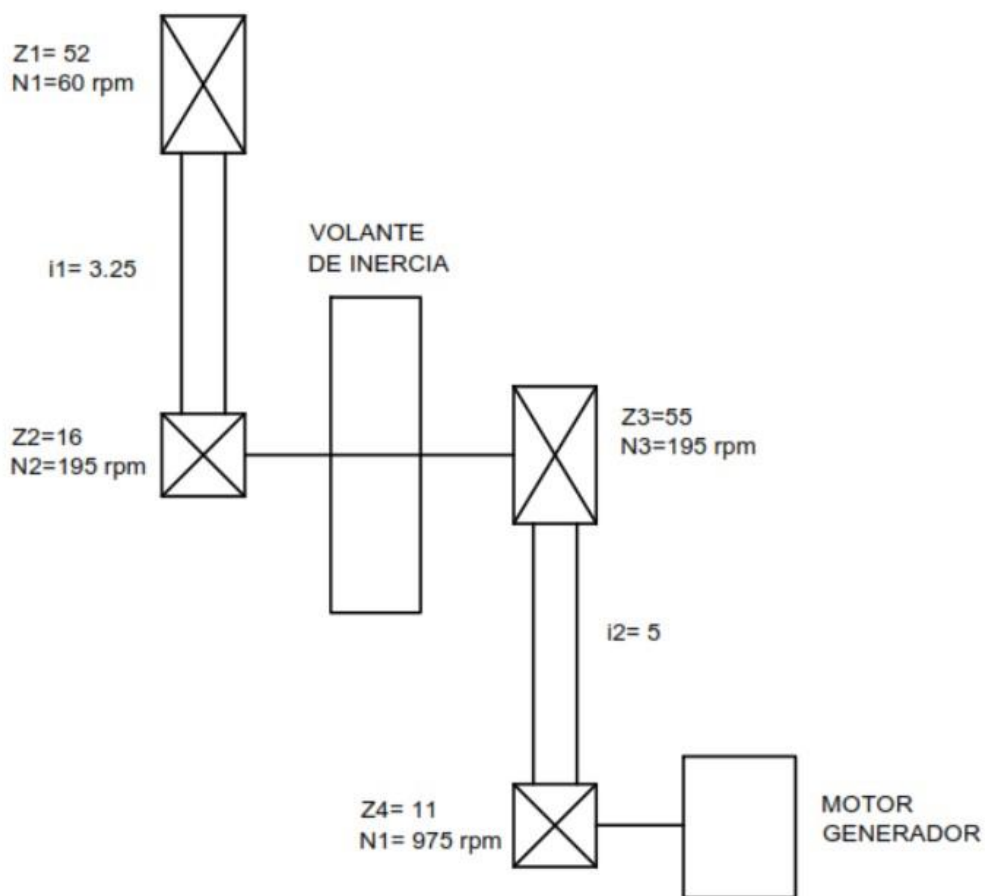


Figura 70. Diagrama del sistema de transmisión de potencia

Fuente: Autor

La potencia que se suministra por las extremidades inferiores de una persona parte desde los pedales hasta llegar al eje del generador por medio de dos conjuntos de transmisiones que están conformado por dos catalinas, dos piñones y como elemento de transmisor de potencia se tienen una cadena de rodillos.

La velocidad promedio de una persona está oscilando entre 1 a 2 giros por segundo, se decide seleccionar la más baja, para este caso (60 rpm), aplicando la **Ecuación 20**, se obtienen las revoluciones exactas en el piñón de 16 dientes.

$$N_2 = N_1 \times \frac{Z_1}{Z_2} = 60rpm \times \frac{52}{16} = 195 rpm$$

La relación de transmisión de potencia del primer conjunto implementando se obtiene aplicando la **Ecuación 19**.

$$i = \frac{N_2}{N_1} = 3.25$$

Para determinar los rpm en el eje del generador N_4 se aplica la **Ecuación 20**, considerando que los rpm de la $N_3 = N_2$.

$$N_4 = N_3 \times \frac{Z_3}{Z_4} = 195 rpm \times \frac{55}{11} = 975 rpm$$

Estableciendo una relación de transmisión en el segundo conjunto de:

$$i = \frac{N_4}{N_3} = 5$$

5.4.1.4 Montaje del Prototipo

Se procede al montaje de todos los elementos, partiendo en acoplar primero el generador y el conjunto de transmisión de potencia, el que se puede visualizar en la **Figura 71 y 72**.



Figura 71. Montaje del generador y del conjunto de transmisión de potencia
Fuente: Autor



Figura 72. Sistema de transmisión de potencia implementado en el prototipo
Fuente: Autor

Además, se procede al montaje de los elementos de tipo eléctrico como son: batería, diodo rectificador, regulador de tensión e inversor. Como se expone en la **Figura 73** a continuación.



Figura 73. Montaje de los dispositivos electrónicos del prototipo
Fuente: Autor

5.4.2 Determinar el rendimiento del prototipo construido.

5.4.2.1 Tensión recolectada durante 1 minutos

Para determinar en primer lugar los RPM y la tensión que se genera se realiza una prueba de pedaleo durante 1 minuto con la ayuda de 7 personas entre los 23 y 35 años. La recolección de datos se presenta en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Datos de la tensión recolectada durante 1 minuto.

Nº datos	Edad	RPM promedio	Tensión generada (Voltios)
1	23	130	1.04
2	26	98	0.78
3	28	130	1.04
4	27	135	1.08
5	24	128	1.02
6	34	125	1
7	35	120	0.96

Fuente: Autor

5.4.2.2 Variables recolectadas en 5 minutos

Una segunda prueba consiste en mantener el pedaleo durante 5 minutos, para esta vez, a más de determinar la velocidad promedio en el volante en km/h **Figura 74** y las revoluciones por minuto en el eje del generador, calcular la potencia generada a partir de la medición de la tensión y la intensidad de corriente, como se presenta en la **Tabla 12**.



Figura 74. Velocímetro digital para obtener la velocidad promedio en km/h

Fuente: Autor

Tabla 12. Variables de tensión, potencia, corriente y rpm recolectadas durante 5 minutos.

N ^a datos	Género	Edad (Años)	Tiempo (minutos)	Velocidad promedio volante (km/h)	Revoluciones en el eje del generador (RPM)	Tensión generada (V)	Corriente generada (A)	Potencia generada (Watt)
1	Masculino	25	5 min.	46	1728.75	13.83	5.10	70.50
2	Femenino	23	5 min.	30	1512.5	12.10	2.90	35.09
3	Femenino	24	5 min.	42	1687.5	13.50	4.75	64.10
4	Masculino	27	5 min.	50	1750	14.00	5.45	76.28
5	Masculino	28	5 min.	40	1663.75	13.31	4.10	54.56
6	Masculino	32	5 min.	36	1656.25	13.25	3.55	47.04
7	Masculino	30	5 min.	35	1650	13.20	3.25	42.88

Fuente: Autor

Se realiza también la recolección de datos de un caso específico de pedaleo durante 5 minutos, considerando los valores de tensión, corriente y potencia en intervalos de 30 segundos, para analizar las curvas de estas variables y el tiempo en gráficas específicas para cada una.

Tensión recolectada durante 5 minutos

Tabla 13. Datos de tensión recolectados durante 5 minutos.

N ^a datos	Tiempo (segundos)	Tensión generada (V)
1	30	13.45
2	60	13.52
3	90	13.59
4	120	13.60
5	150	13.55
6	180	13.52
7	210	13.50
8	240	13.48
9	270	13.43
10	300	13.41

Fuente: Autor

Corriente recolectada durante 5 minutos

Tabla 14. Datos de corriente recolectados durante 5 minutos.

Nº datos	Tiempo (segundos)	Corriente generada (V)
1	30	4.40
2	60	4.35
3	90	4.43
4	120	4.50
5	150	4.60
6	180	4.35
7	210	4.12
8	240	4.20
9	270	4.18
10	300	4.13

Fuente: Autor

Valores de potencia generada durante 5 minutos

Tabla 15. Valores registrados de potencia obtenidos durante 5 minutos.

Nº datos	Tiempo (s)	Corriente generada (A)	Tensión generada (V)	Potencia (W)
1	30	4.40	13.45	59.18
2	60	4.35	13.52	58.81
3	90	4.43	13.59	60.20
4	120	4.50	13.60	61.20
5	150	4.60	13.55	62.33
6	180	4.35	13.52	58.81
7	210	4.12	13.50	55.62
8	240	4.20	13.48	56.61
9	270	4.18	13.43	56.14
10	300	4.13	13.41	55.38

Fuente: Autor

5.4.3 Desarrollar el análisis técnico y económico del prototipo construido.

Para poder determinar el análisis técnico consideramos todos los cálculos efectuados, valores que fueron obtenidos de forma teórica y práctica, además para determinar el análisis económico del prototipo se consideró todos los gastos económicos que se llevó a emplear en

toda la etapa de diseño y construcción como también determinar el tiempo de retorno de la inversión. La secuencia de resultados obtenidos se expone en la siguiente sección.

6. Resultados

6.1 Objetivo 1

Dentro del diseño del prototipo se implementó un sistema de transmisión de potencia por el método de rodillos para lo cual se efectuó los cálculos de los rpm y la relación de transmisión respectivamente, estos valores se los puede evidenciar en la **Figura 70**.

Diagrama de las conexiones del sistema eléctrico

Dentro del esquema eléctrico se determina un orden adecuado con el cual se puede obtener un efectivo funcionamiento del prototipo diseñado, como generador de electricidad se está implementando un motor generador con imanes permanentes se debe evitar en lo posible que el generador llegue a funcionar como motor para ello se implementa un diodo rectificador de 6 A, el cual cumple con la función de evitar el retorno de la corriente generada y así solo direccionarla en una sola dirección, esto se puede observar en la **Figura 75**.

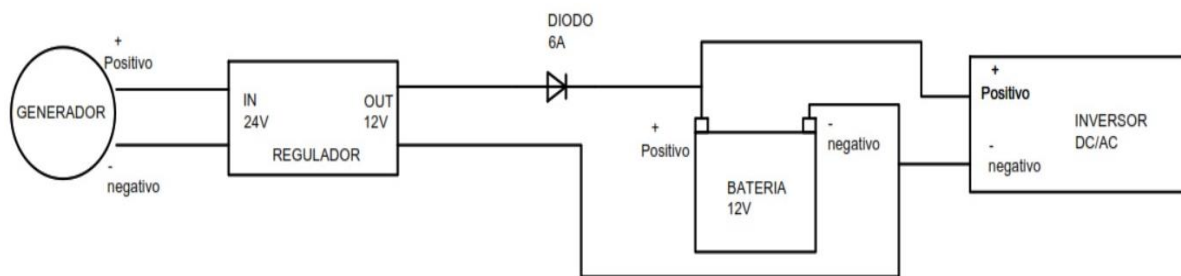


Figura 75. Diagrama de las conexiones del sistema eléctrico

Fuente: Autor

6.2 Objetivo 2

Para obtener el rendimiento del prototipo partimos en un principio con realizar un caso específico de pedaleo durante 5 minutos en intervalos de 30 segundos para de este modo analizar las curvas de dichas variables vs el tiempo en gráficas específicas para cada una.

6.2.1 Tensión recolectada durante 5 minutos

Tabla 16. Datos de tensión recolectados durante 5 minutos.

Nº datos	Tiempo (segundos)	Tensión generada (V)
1	30	13.45
2	60	13.52
3	90	13.59
4	120	13.60
5	150	13.55
6	180	13.52

7	210	13.50
8	240	13.48
9	270	13.43
10	300	13.41

Fuente: Autor

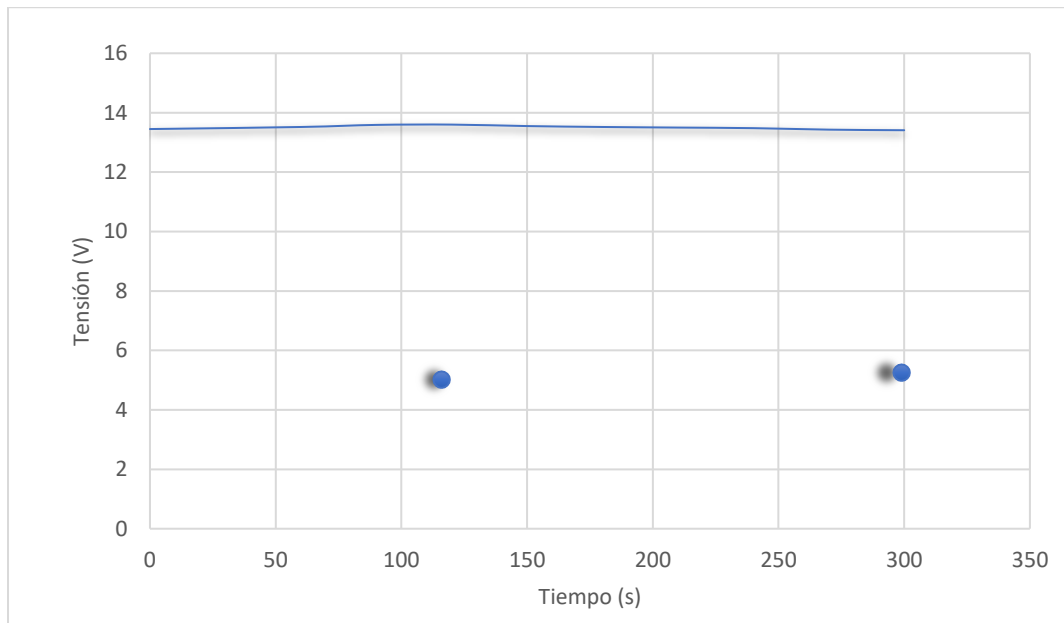


Figura 76. Curva característica de la tensión generada durante 5 minutos

Fuente: Autor

Análisis de los datos obtenidos

En la curva característica de la tensión generada que se puede evidenciar en la **Figura 76**, se constata que la tensión sufre leves variaciones esto es debido a la cadencia que se da en el lapso del pedaleo adicional esto también se presenta por el trabajo que se encuentra realizando el regular al brindar solo un rango de tensión.

6.2.2 Corriente recolectada durante 5 minutos

Tabla 17. Datos de corriente recolectados durante 5 minutos.

Nº datos	Tiempo (segundos)	Corriente generada (V)
1	30	4.40
2	60	4.35
3	90	4.43
4	120	4.50
5	150	4.60
6	180	4.35
7	210	4.12

8	240	4.20
9	270	4.18
10	300	4.13

Fuente: Autor

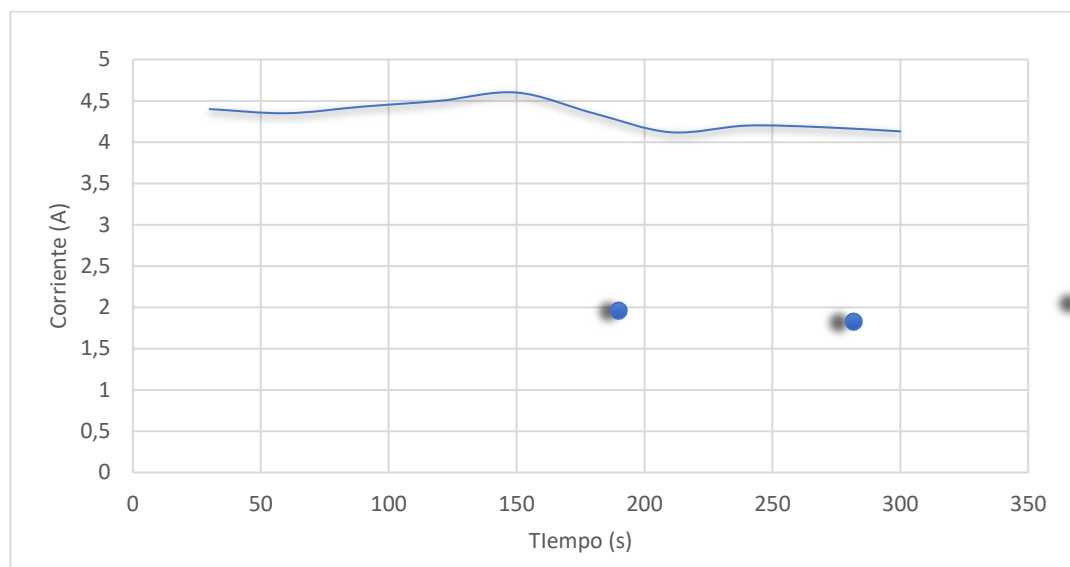


Figura 77. Curva característica de la corriente generada en 5 minutos

Fuente: Autor

Análisis de los datos obtenidos.

El comportamiento observado en la **Figura 77**, muestra valores de corriente que oscilan entre 4 A y 5 A, corriente recomendada de carga ya que para la batería empleada en el sistema no soporta una corriente que supere los 5.5 A.

6.2.3 Valores de potencia generada durante 5 minutos

Tabla 18. Valores registrados de potencia obtenidos durante 5 minutos.

Nº datos	Tiempo (s)	Corriente generada (A)	Tensión generada (V)	Potencia (W)
1	30	4.40	13.45	59.18
2	60	4.35	13.52	58.81
3	90	4.43	13.59	60.20
4	120	4.50	13.60	61.20
5	150	4.60	13.55	62.33
6	180	4.35	13.52	58.81
7	210	4.12	13.50	55.62
8	240	4.20	13.48	56.61
9	270	4.18	13.43	56.14
10	300	4.13	13.41	55.38

Fuente: Autor

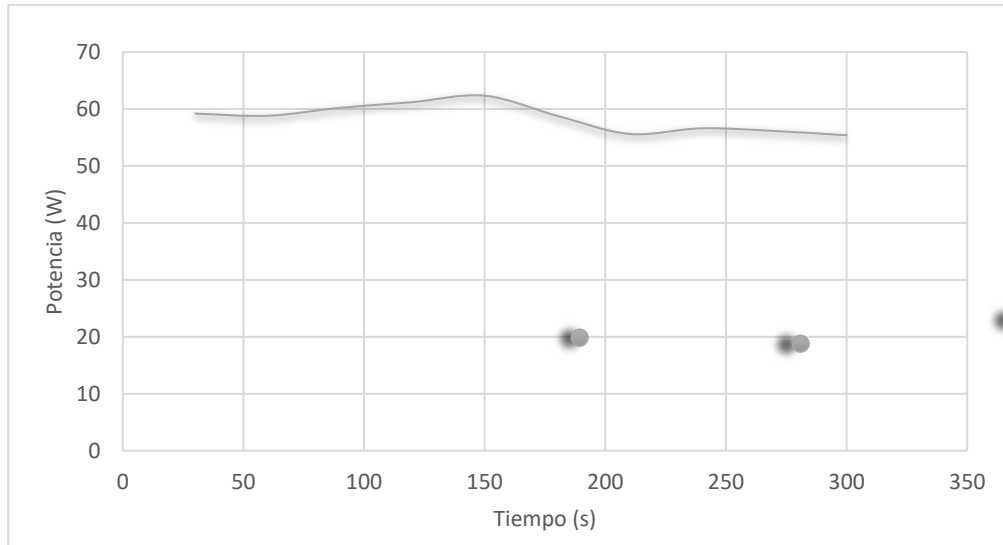


Figura 78. Gráfica de la potencia generada en 5 minutos

Fuente: Autor

Análisis de los datos obtenidos.

La potencia generada en la prueba de los 5 minutos presenta un valor promedio de 58.43 W, este valor se obtiene con un esfuerzo físico inter medio sin llegar a la fatiga del tripulante. Además, en la gráfica se puede observar ciertas fluctuaciones debido a que la cadencia del pedaleo es variable.

6.2.4 Análisis de la eficiencia del sistema de transmisión

Para determinar la eficiencia del sistema de transmisión se calculó primero la potencia generada en los pedales considerando la fuerza aplicada por una persona en los pedales la cual viene dada por el valor de 294.3 N este valor fue determinado por pruebas realizadas por (Velásquez, 2015), se aplica la siguiente **Ecuación 24**.

$$T = F \times L$$

$$T = 294.3 \text{ N} \times 0.17 \text{ m}$$

$$T = 50.031 \text{ Nm}$$

Considerando que se mantiene una velocidad constante de pedaleo de 60 rpm, que equivale a 6,283 rad/s, se puede estimar la potencia mecánica con la **Ecuación 23**.

$$\dot{W}_M = T \times \omega$$

$$\dot{W}_M = 50.031 \text{ Nm} \times 6.283 \text{ rad/s}$$

$$\dot{W}_M = 314.344 \text{ W}$$

El sistema de transmisión propuesto tiene una eficiencia de:

$$\eta = \frac{\dot{W}_E}{\dot{W}_M}$$

$$\eta = \frac{58.428 \text{ W}}{314.344 \text{ W}} \times 100 = 18.58 = 19 \%$$

Para determinar la eficiencia global de todo el sistema construido debemos considerar las eficiencias de cada uno de los elementos que componen el prototipo, **Figura 79**. Algunos valores de eficiencia fueron tomados de los datos técnicos de los dispositivos y otros de la tabla comparativa empleada por (Carrión Galarza, 2014).

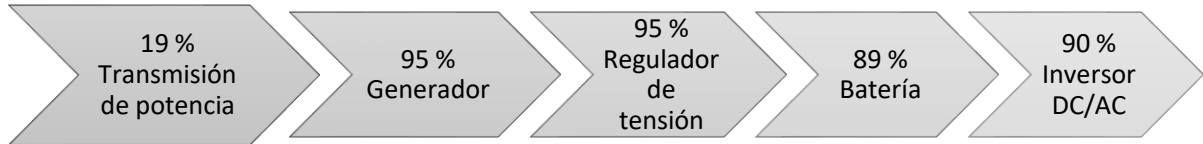


Figura 79. Diagrama de las eficiencias de los elementos que conforman el prototipo

Fuente: Autor

$$\eta_T = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4 \times \eta_5$$

$$\eta_T = 0.19 \times 0.95 \times 0.95 \times 0.89 \times 0.90$$

$$\eta_T = 0.13 = 13\%$$

Lo que representa las pérdidas debido a la fricción y los diferentes factores eléctricos que intervienen en la generación eléctrica.

6.2.5 Carga efectiva

La carga efectiva la determinamos empleando la **Ecuación 25**.

$$\%_{carga\ efectiva} = \frac{Carga\ efectiva_{promedio}}{Carga\ generada_{promedio}} * 100\%$$

Acorde a los datos obtenidos de la **Tabla 16** donde están los valores de tensión generada se calcula el valor promedio el cual es de 13.50 V, y para la tensión efectiva se considera las medidas realizadas a la batería, este valor es de 12.10 V.

Una vez determinado los valores de voltaje de generación y voltaje efectivo se determina el porcentaje de carga efectiva aplicando la **Ecuación 25**.

$$\%_{carga\ efectiva} = \frac{12.10 \text{ V}}{13.50 \text{ V}} * 100 \%$$

$$\%_{carga\ efectiva} = 0.89 * 100 \%$$

$$\%_{carga\ efectiva} = 89 \%$$

Con esto valores se caracteriza que el prototipo tiene una carga efectiva del 89 % el valor restante representa las pérdidas.

6.2.6 Tiempo que demora en cargar la batería

Teniendo presente que el motor generador trabaja a su máxima potencia se tendría una capacidad de entrega de $I=20\text{ A}$. Adicional considerando la capacidad de la batería que es de 18 Ah. Aplicando la **Ecuación 26** se tiene:

$$T_c = \frac{18\text{ Ah}}{20\text{ A}} = 0.9\text{ horas}$$

Cargar la batería representa un tiempo aproximado de 54 minutos con el generador trabajando a 3000 revoluciones por minuto.

Con cálculos anteriores se determinó las revoluciones del generador que está a 975 rpm al tener al generador a estar revoluciones también decrece la tensión y la corriente generada que estaría a 6.5A, y con ello se alarga el tiempo de cargar la batería.

$$T_c = \frac{18\text{ Ah}}{6.5\text{ A}} = 2.7\text{ horas}$$

Con 975 rpm se puede cargar la batería en un tiempo de 2 horas con 42 minutos. Ahora de forma general podemos mencionar que el prototipo puede cargar la batería en un rango de 54 minutos a 2.7 horas como tiempo máximo.

6.3 Objetivo 3

Con todos los datos técnicos obtenidos de forma teórica y práctica se puede definir la ficha técnica del prototipo de acuerdo a los valores que se exponen en la **Tabla 19**.

Tabla 19. Datos técnicos del prototipo implementado.

CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES					
Elementos fundamentales					
Dispositivos	Voltaje	Corriente	Capacidad de almacenamiento	Rango de carga	Potencia
<i>Generador</i>	24 V	20 A	-----	-----	350 W
<i>Batería</i>	12 V	-----	18 Ah	13.60 V – 14.90 V	216 W
Tiempo de carga de batería					
	Mínimo			Máximo	
	54 minutos			2.7 horas	
Bicicleta estática generadora					
RPM generados	Potencia promedio generada	Corriente promedio generada	Tensión promedio generada	Peso promedio del Prototipo	η (Eficiencia)
975	58.43 W	4.33 A	13.51 V	134 kg	13 %

Fuente: Autor

Con los datos plasmados en la **Tabla 19**, se puede evidenciar que la relación de transmisión en el sistema de potencia empleado no es el idóneo para obtener una gran eficiencia del prototipo puesto que no brinda unas revoluciones optimas en el eje del generador para poder generar más energía y así reducir el tiempo de carga de la batería.

Las revoluciones obtenidas son sufrientes para poder generar energía, pero no son óptimas si lo llevamos enfocado a cubrir una demanda considerada de consumo energético.

6.3.1 Análisis económico

Para la ficha económica se considera el costo de cada uno de los elementos implementados dentro del prototipo, también el ahorro económico que se obtiene al emplearlo en algunos dispositivos como también la tasa de retorno de la inversión, que se describen en la **Tabla 20**.

Tabla 20. Datos de los costos de la construcción del prototipo.

Cantidad	Ítem	Valor
1	Bicicleta estática	150
1	Motor generador de imanes permanentes	35
1	Catalina de 55 dientes	10
1	Cadena de rodillos número 25	8
1	Acople de catalina acero SAE 1018	30
1	Regulador de Tensión	30
1	Diodo rectificador	1
1	Batería de 12V a 18Ah	50
1	Inversor DC/AC	40
2 m	Cable número 12	1
2	Acoples de dos polaridades	2
1	Velocímetro digital	20
1	Caja de madera 40x10x30 cm	20
TOTAL		397

6.3.2 Costo y Ahorro de energía

Para determinar la rentabilidad del prototipo partimos recolectando valores de la durabilidad de la batería al conectarle algunos dispositivos electrónicos que son de uso diario de una persona, **Tabla 21** y en la **Figura 80** se evidencia la prueba de consumo con el foco led de 9 W.

Tabla 21. Datos recolectados de las pruebas de consumo de dispositivos electrónicos.

Dispositivos	Tiempo inicial	Voltaje inicial (V)	Tiempo final	Voltaje final (V)	Diferencia de tiempo (h)	Diferencia de voltaje(V)
Celular (Samsung)	10:00 am	12.10	11:30 am	11.45	01:30	0.65
Foco led de 9 W	8:30 am	12.30	08:30 pm	11.20	12:00	1.1
Smartband	11:30 am	12.20	12:30 pm	12.09	01:00	0.11
Auriculares inalámbricos	04:00 pm	12.25	05:00 pm	12.15	01:00	0.1

Fuente: Autor



Figura 80. Prueba de consumo con foco led de 9 W

Fuente: Autor

Considerando el dispositivo de mayor consumo energético, se realiza el análisis de rentabilidad del prototipo, teniendo presente el costo del kilovatio hora, el cual acorde a los datos de la Empresa CELEC (Corporación Eléctrica del Ecuador) está a 0.92 centavos de dólar por kilovatio hora de consumo.

Tabla 22. Datos del dispositivo de mayor consumo energético

Dispositivo	Tiempo de funcionamiento	Voltaje consumido
Foco de 9 W	12 horas	1.1 V

Fuente: Autor

Tabla 23. Comparativa de consumo entre un foco de 9 W y uno de 100 W

	Foco led de 9 W	Foco led de 100 W
Consumo en 12 horas	0.11 kWh	1.2 kWh
Costo kWh	0.92 ¢USD/kWh	0.92 ¢USD/kWh
Valor por consumo de 12 horas	1.012 centavos de dólar	11.04 centavos de dólar

Fuente: Autor

Con la **Tabla 23**, podemos observar que con un foco de 100 W durante un tiempo de 12 horas consume 10 veces lo que llega a consumir un foco de 9 W en el mismo intervalo de tiempo.

6.3.3 Ahorro estimado con el prototipo

Una vez determinado el ahorro que se tiene al emplear el prototipo para encender un foco led de 9 W por un lapso de 12 horas se proyecta el mismo sistema, pero considerando un tiempo de 30 días, **Tabla 24**.

Tabla 24. Ahorro estimado por uso del prototipo construido por 30 días.

	Foco Led de 9 W
Consumo en 12 horas	0.11 kWh
Costo kWh	0.92 ¢USD/kWh
Valor por consumo de 12 horas	1.012 centavos de dólar
Consumo durante 30 días por 12 horas diarias	3.3 kWh
Valor por consumo de 30 días por 12 horas diarias	30.36 centavos de dólar

Fuente: Autor

Podemos concluir que al emplear el prototipo obtenemos un ahorro económico de 30.36 centavos de dólar por el uso de un foco de 9 W durante un tiempo de 12 horas por 30 días. Y un ahorro relativo de 3 dólares con 31 centavos, si empleamos un foco de 100 W.

Tabla 25. Tiempo de recuperación de la inversión.

RECUPERACIÓN DEL DINERO DEL PROYECTO	
Mes	Cantidad de dinero por mes
1	3.31
5	16.55
10	33.1
15	49.65

20	66.20
25	82.75
30	99.30
35	115.85
40	132.40
45	148.95
50	165.50
55	182.05
60	198.60
65	215.15
70	231.70
75	248.25
80	264.80
85	281.35
90	297.90
95	314.45
100	331
105	347.55
110	364.10
115	380.65
120	397.20

Fuente: Autor

El tiempo de recuperación de la inversión económica en el proyecto es de 10 años, por lo que lo convierte en un proyecto no rentable.

7. Discusión

En el presente trabajo de investigación se realizó el acoplamiento de un sistema de transmisión de potencia en una bicicleta estática para la generación de energía eléctrica mediante el pedaleo.

El diseño del prototipo se basó en los elementos disponibles en el proyecto de investigación e innovación I2tec, el cual proporcionó la bicicleta estática, así como todos los elementos eléctricos (generador, regulador, batería, inversor), contrario a lo que presenta en sus trabajos Reyes (2021), quien parte de la selección de los componentes y realiza el dimensionamiento para cubrir la demanda de energía eléctrica de un circuito de iluminación.

Un elemento importante a destacar en mi investigación, es el uso de un motor generador de corriente continua, que brinda en sus bornes de salida corriente directa, la cual es únicamente controlada con un regulador de voltaje y esta energía es almacenada en una batería para mantener estable la tensión, no así el trabajo realizado por Reyes (2021) , quien implementa un dínamo y la corriente de salida que genera debe ser rectificada mediante un circuito electrónico principalmente un puente de diodos; los trabajos implementados por López (2015), Arenas & Estrada (2015) o por Vargas, Rincón, Tobón & Villanueva (2018) realizan un sistema de generación, quienes también deben ajustar la corriente de salida.

En el caso del mecanismo de transmisión de potencia, se mantiene el sistema de transmisión por cadena de rodillos, que como afirman Vargas et al. (2018), están presentes en la mayoría de bicicletas debido a su eficiencia que está entre el 96 al 97%, trasmitiendo teóricamente en su totalidad la potencia entregada al pedalear.

El rendimiento general del prototipo construido se estimó a partir de la potencia mecánica instalada y la potencia eléctrica obtenida, consiguiendo un valor de $\eta=13\%$, considerando las pérdidas debido a la fricción y los diferentes factores eléctricos que intervienen, éste es un valor aceptable según Reyes (2021), si tenemos en cuenta la eficiencia entregada por una célula fotovoltaica de silicio que es entre un 4 y 17%.

El valor de implementación del sistema es un valor elevado, pero si lo consideramos como una fuente alterna de generación en sectores donde no existe el acceso a la electricidad si es viable ya que tiene una tasa de retorno de la inversión de 10 años.

8. Conclusiones

- El proyecto ha demostrado la posibilidad de acoplar un sistema de generación de energía eléctrica a una bicicleta estática convencional para convertir la energía mecánica generada por una persona en energía eléctrica utilizable.
- Se ha evaluado la eficiencia del sistema de generación de energía en términos de la cantidad de energía eléctrica producida en relación con el esfuerzo físico del usuario el cual es del 13 % con 975 rpm, esto representa la capacidad que tiene el sistema para convertir de manera efectiva la energía mecánica en eléctrica.
- Dentro del análisis de costos para la implementación del prototipo, fue fundamental evaluar la relación entre la inversión inicial y los beneficios a largo plazo, considerando aspectos como la cantidad de electricidad generada en relación con el costo de la electricidad convencional, obteniendo una recuperación de inversión de un tiempo de 10 años, para un consumo de 36 kWh, lo cual podría considerarse como no viable desde el aspecto económico.
- El prototipo de generación eléctrica mediante el uso de una bicicleta estática no es factible al ser comparada con los costos de energía de las empresas distribuidoras, pero es crucial continuar con investigaciones para mejorar y optimizar la eficiencia.

9. Recomendaciones

- Se recomienda evaluar el sistema de generación de energía adaptando un sistema de transmisión de potencia mediante poleas, con el objeto de determinar qué sistema es más eficiente para este tipo de aplicaciones.
- Emplear un conjunto adicional de transmisión de potencia de cadena de rodillos para así obtener un mejor porcentaje de eficiencia del sistema de generación eléctrica.
- Difundir la tecnología de sistemas de energía eléctrica capaces de aprovechar la energía residual de las bicicletas estáticas, como una propuesta para el ahorro energético en gimnasios.

10. Bibliografía

- Alma Skater*. (s.f.). Obtenido de <https://almaskater.com/tipos-de-bicicletas-estaticas/>
- Altamirano, B. R. (2015). *Sistema electrónico para el monitoreo y alerta de la velocidad de un vehículo motorizado*. Ambato.
- Amparito Barahona, R. C. (2018). Ingesta de calcio y relación con el sobrepeso y obesidad en adolescentes mujeres, Ecuador. *Dialnet*.
- ANLIXUN. (s.f.). *Ebay*. Obtenido de DC TRANSFORMER 24V-12V: <https://www.ebay.es/itm/124137091796>
- Arenas Tangarife, D. A., & Estrada Castaño, C. (2015). *BICICLETAS ESTÁTICAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA RENOVABLE*. Medellín, Colombia.
- Bachiller Soler, A., García López, F., & Cano González, R. (2011). Diseño de un banco de ensayo automatizado para motores Brushless.
- Barco Ríos, H. . (2012). *Física Principios de Electricidad y Magnetismo*.
- Bernal, M. (2005). *Bateria, fuente de energía*. Normas & Calidad Vol 20, No 67,26-28.
- BiciScope. (s.f.). Obtenido de <https://www.biciscope.com/bicicletas-estaticas/>
- Budynas, R., & Keith, N. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica*. Mexico.
- Carmona. (2017). *Principios de las bicicletas*.
- Carmona, A. A. (2017). *ANÁLISIS DE VARIABLES ELÉCTRICAS PARA UNA BICICLETA GENERADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA*.
- Carrión Galarza, D. F. (2014). *COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA ENTRE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED Y LOS SISTEMAS AISLADOS*. Quito.
- Chapman, S. J. (2012). *Máquinas Eléctricas*. México.
- Ebuy. (s.f.). *Motor de imanes permanentes*. Obtenido de <https://www.ubuy.co.no/en/product/4D5MHS2F8-vevitts-350w-brushed-electric-motor-small-brushed-permanent-magnet-electric-motor-for-e-scooter-drive-speed-control-24v-3100pm>
- Eduardo Alomá, M. M. (2007). LOS CONCEPTOS DE CALOR, TRABAJO, ENERGÍA Y TEOREMA DE CARNOT EN TEXTOS UNIVERSITARIOS DE TERMODINÁMICA. *SciELO*, 477-487. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-49102007000300014&lng=es&nrm=iso
- ElectricScooterParts. (s.f.). *Cadena 25H*. Obtenido de <https://electricscooterparts.com/chain25.html>

- Electricscooterparts. (s.f.). *Catalina de 55 dientes*. Obtenido de <https://electricscooterparts.com/freewheel-sprockets-freewheels-and-adapters-420-chain.html>
- Estrada Castaño, C., & Arenas, D. A. (2015). *BICICLETAS ESTÁTICAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA*. Medellín, Colombia.: FDE 089.
- FirstPower . (s.f.). Obtenido de <http://www.efirstpower.com/PDF/FP12180.pdf>
- Fit-Force. (s.f.). *Bicicleta estática*.
https://www.ebay.es/itm/375038299968?_trkparms=amclksrc%3DITM%26aid%3D1110006%26algo%3DHOMESPLICE.SIM%26ao%3D1%26asc%3D256750%26meid%3D94aac959145241439c0df17add331803%26pid%3D101195%26rk%3D3%26rkt%3D12%26sd%3D382137992194%26itm%3D375038299968%26pmt%3D1%2.
- Galaviz, J. A. (2020). *Desarrollo de electrodos orgánicos a base de polímeros fenilenetilenos portadores de unidades etilenglicol para baterías de iones de litio* . Saltillo, Coahuilina.
- Garcia, J. I. (2004). *Fundamentos de diseño mecánico* . México: Universidad del valle.
- Gutiérrez Roa, D. L. (2016). *IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE UN PROTOTIPO DE GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DEL MOVIMIENTO DE UNA BICICLETA COMO PROPUESTA PARA LA DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ENÉRGETICO EN LA ESCUELA DE LA COMUNIDAD EL ARROYO: ETAPA INICIAL* . BOGOTA.
- Hart, D. W. (2001). *ELECTRÓNICA DE POTENCIA*. ESPAÑA, Nuñez de balboa: PEARSON EDUCACIÓN S.A.
- Hunter Allen, S. C. (2013). *Ciclismo entrenamiento avanzado* . Ediciones Tutor, S.A. .
- López Sánchez, D. (2019). *Tecnologías de Baterías*. Valladolid.
- López Velásquez, R. (2015). *DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EFICIENTE A PARTIR DE PROPULSIÓN HUMANA CON BASE EN UNA BICICLETA ESTÁTICA*. Pereira.
- Morales Peñafiel, A., & Gómez Bravo, D. (2022). *Diseñamiento e implementación de paneles fotovoltaicos aplicados al área residencial de un sector costero de la provincia del guayas, ecuador* . Ecuador .
- Nicolas, A. S. (1999). *El diseño mecánico*. Mira Editores.
- Nogués, G. L. (2016). *Estudio de electrolitos sólidos para baterías de litio*. Zaragoza.

- Palomino Vera, K. A. (2016). Prototipo generador de energía eléctrica por el uso de una bicicleta elíptica para la iluminación de un ambiente de deporte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12867/237>
- Perales, C. I. (2013). Diseño y fabricación de una Bicicleta de Spinning.
- Pernia, M. A. (2011). Conceptos básicos de máquinas de corriente continua .
- Power, F. (s.f.). *FP12180(12V18Ah)*. Obtenido de <http://www.efirstpower.com/PDF/FP12180.pdf>
- Ramos Oloarte, F. (2011). *Descripción general de las máquinas de corriente directa*.
- Rashid, M. H. (2008). *Power electronics for alternative energy sources*. doi:10.1016/C2012-0-07333-4.
- Reyes Caiza, N. S. (2021). *SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN GIMNASIOS MEDIANTE EL DISEÑO DE PROTOTIPO DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA RESIDUAL EN BICICLETAS ESTÁTICAS, CASO DE ESTUDIO: GIMNASIO DE LA UTN*. Ibarra, Ecuador.
- Roa, D. L. (2016). *IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE UN PROTOTIPO DE GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DEL MOVIMIENTO DE UNA BICICLETA COMO PROPUESTA PARA LA DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA ESCUELA DE LA COMUNIDAD EL ARROYO: ETAPA INICIAL*. Bogota: Universidad Santo Tomas.
- Rodríguez Galbarro, H. (2023). *Ingemecánica. Transmisión por cadenas, cálculos y diseño*.
- Salvador, J. J. (2012). *Diseño y análisis de desempeño de un inversor de voltaje utilizando controladores inteligentes* . Cuenca.
- Silva Strempler, J. A., Cuevas Vargas, P. G., Espinosa Marquez, C. E., & García Torres, G. (2012). *Sedentarismo y obesidad en estudiantes universitarios de primer semestre. Estudio comparativo*. Dialnet.
- Silva, L. A. (2014). *Diseño de un inversor de corriente eléctrica con selector manual de conexión por fases a la salida* . México.
- Soto, M., & Galván Aguirre, G. (2019). *Desarrollo e implementación de prototipo experimental para generación de energía eléctrica mediante una bicicleta estática y un generador eléctrico* . ISSN: 2448-623X.
- SP, L. S. (s.f.). *Inversor DC-AC*. Obtenido de <https://www.dc-ac.com/product/sp-series/sp-600>
- Suárez, M. G. (2012). *Modelación del proceso de fabricación de baterías de ion litio para vehículos eléctricos o híbridos*. Chile.

- Tapia Becerra, J. C. (2018). *INNOVACIÓN DEL DISEÑO DE UNA BICICLETA ESTACIONARIA COMO TECNOLOGÍA APROPIADA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ALTERNATIVA*.
- Unidas, N. (2015). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Obtenido de www.cepal.org/es/suscripciones
- Vargas Mantilla, C. E., Rincón Sánchez, N. J., Tobón Tarazona, O. A., & Villanueva Guzmán, O. R. (2018). *Bicicleta estática generadora de energía eléctrica como aprendizaje en el uso eficiente de energía*. Colombia.
- Velásquez, R. L. (2015). *DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EFICIENTE A PARTIR DE PROPULSIÓN HUMANA CON BASE EN UNA BICICLETA ESTÁTICA*. Pereira .
- Zemansky, M. (2009). *FÍSICA UNIVERSITARIA*.

11. Anexos

Anexo 1. Datos técnicos de la batería utilizada en el prototipo.

FirstPower Technology Co., Ltd.

FP12180(12V18Ah)

Specifications

Nominal Voltage		12 V
Capacity (25°C)	20HR(10.5V)	18Ah
	10HR(10.5V)	16.7Ah
	1HR(9.60V)	11.7Ah
Dimension	Length	181±2mm (7.13inch)
	Width	77±1mm (3.03inch)
	Height	167±2mm (6.57inch)
	Total Height	167±2mm (6.57inch)
Approx. Weight		5.3kg (11.7lbs)±4%
Terminal type		T3/T8
Internal resistance (Fully charged, 25°C)		Approx. 16mΩ
Capacity affected by temperature (20HR)	40°C	102%
	25°C	100%
	0°C	85%
	-15°C	65%
Self-discharge (25°C)	3 month	Remaining Capacity: 91%
	6 month	Remaining Capacity: 82%
	12 month	Remaining Capacity: 65%
Nominal operating temperature		25°C±3°C(77°F±5°F)
Operating temperature range	Discharge	-15°C~50°C(5°F~122°F)
	Charge	-10°C~50°C(14°F~122°F)
	Storage	-20°C~50°C(-4°F~122°F)
Float charging voltage(25°C)		13.60 to 13.80V Temperature compensation: -18mV/°C
Cyclic charging voltage(25°C)		14.50 to 14.90V Temperature compensation: -30mV/°C
Maximum charging current		5.4A
Terminal material		Copper
Maximum discharge current		270A(5 sec.)
Designed floating life(20°C)		10years

- ◆ Absorbent glass mat technology;
- ◆ Recognized by UL & CE;
- ◆ ABS container.

Constant Current Discharge Characteristics (A, 25°C)

F.V/TIME	10min	15min	30min	60min	2h	3h	4h	5h	8h	10h	20h
9.60V	43.2	34.2	19.1	11.7	6.39	4.59	3.67	3.12	2.02	1.70	0.91
9.90V	41.9	33.4	18.7	11.5	6.36	4.56	3.65	3.10	2.01	1.69	0.91
10.2V	40.2	32.1	18.1	11.2	6.30	4.53	3.63	3.08	1.99	1.68	0.91
10.5V	38.4	31.1	17.7	11.0	6.21	4.50	3.60	3.06	1.98	1.67	0.90
10.8V	36.3	29.4	17.0	10.7	6.05	4.37	3.49	2.97	1.92	1.64	0.88

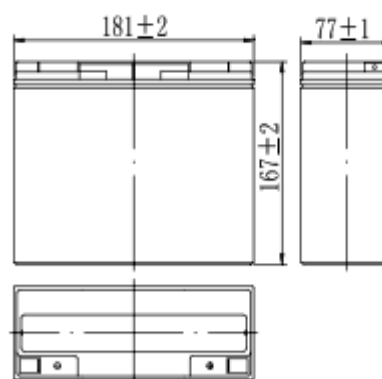
Constant Power Discharge Characteristics (Watt, 25°C)

F.V/TIME	10min	15min	30min	60min	2h	3h	4h	5h	8h	10h	20h
9.60V	487	390	219	135	74.8	54.5	43.7	37.3	24.2	20.4	11.0
9.90V	473	381	214	133	74.4	54.2	43.5	37.0	24.1	20.3	10.9
10.2V	453	366	208	130	73.7	53.8	43.2	36.8	23.9	20.2	10.9
10.5V	434	354	203	127	72.6	53.5	42.9	36.5	23.8	20.1	10.8
10.8V	409	335	195	124	70.8	51.9	41.6	35.4	23.0	19.7	10.6

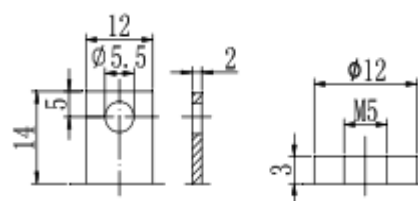
Note: The above characteristics data can be obtained within three charge/discharge cycles.



Dimensions



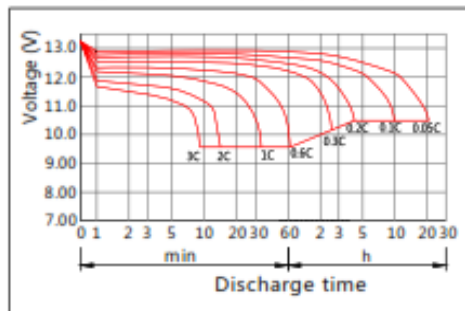
Terminal



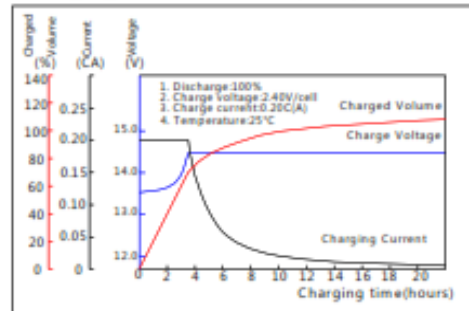
Terminal T3

Terminal T8

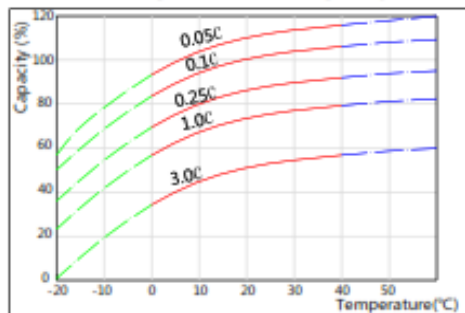
Discharge Characteristics(25℃)



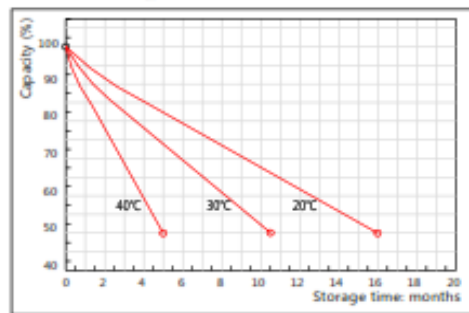
Charging Characteristics(25℃)



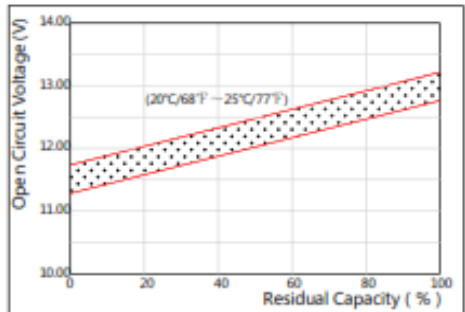
Effect of Temperature on Capacity



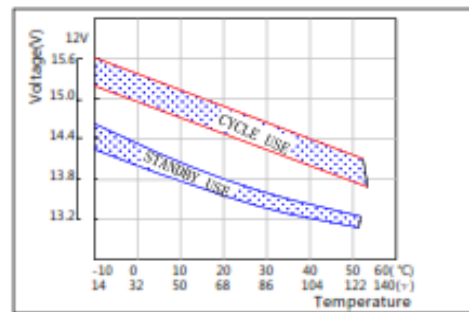
Self-discharge Characteristics



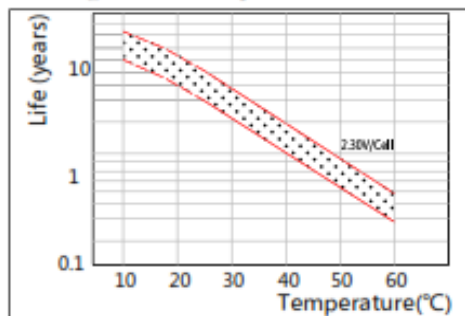
The Relationship for Open Circuit Voltage and Residual Capacity (25℃)



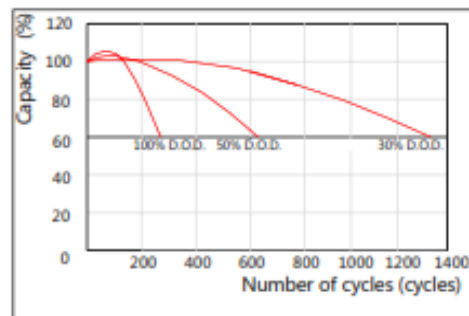
The Relationship for Charging Voltage and Temperature



Floating Life on Temperature



Cycle Life on D.O.D(25℃)



Anexo 2. Catálogo de las medidas estandarizadas de la cadena de rodillos.

51

CADENA DE RODILLOS

s/norma DIN-8187, BS-288, ISO/R-606

Hoja Técnica
núm. 001/1

CADENA SIMPLE

Cotas en mm.

REFERENCIAS		Paso	Ancho interior	Ø rodillo	Ø eje	Ancho eslabón interior	Ancho sobre remache	Longitud eje unión	Ancho malla	Superf. articul.	Peso	Carga rotura
BEMSA	DIN-ISO	p	b ₁	d ₁	d ₂	b ₂	a	G	g	cm ²	Kg/m	Kp
R- 6-1	04B-1	6,00	2,80	4,00	1,85	4,10	7,40	10,30	5,00	0,07	0,12	300
R- 8-1	05B-1	8,00	3,00	5,00	2,31	4,77	8,60	11,70	7,11	0,10	0,18	460
R- 9-1	06B-1	9,525	5,72	6,35	3,28	8,53	13,50	16,80	8,26	0,28	0,40	910
R-102	081-1	12,70	3,30	7,75	3,66	5,80	10,20	11,70	9,91	0,21	0,28	820
R-110	082-1	12,70	2,38	7,75	3,66	4,60	8,20	-	9,91	0,16	0,26	820
R-46N	083-1	12,70	4,88	7,75	4,09	7,90	12,90	14,40	10,20	0,32	0,42	1400
R-17A	084-1	12,70	4,88	7,75	4,09	8,80	14,80	16,30	11,15	0,35	0,59	1600
R-41A	085-1	12,70	6,38	7,77	3,58	9,07	14,00	16,00	9,91	0,32	0,38	680
R-12-1	08B-1	12,70	7,75	8,51	4,45	11,30	17,00	20,90	11,81	0,50	0,70	1820
R-15-1	10B-1	15,875	9,65	10,16	5,08	13,28	19,60	23,70	14,73	0,67	0,95	2270
R-19-1	12B-1	19,05	11,68	12,07	5,72	15,62	22,70	27,30	16,13	0,89	1,25	2950
R-25-1	16B-1	25,40	17,02	15,88	8,27	25,45	36,10	41,50	20,60	2,10	2,70	6500
R-31-1	20B-1	31,75	19,56	19,05	10,17	29,01	43,20	49,30	26,20	2,95	3,70	10000
R-38-1	24B-1	36,10	25,40	25,40	14,63	37,92	53,40	60,00	33,20	5,54	6,70	17000
R-44-1	28B-1	44,45	30,99	27,94	15,90	46,58	65,10	72,50	37,08	7,40	8,30	20000
R-50-1	32B-1	50,80	30,99	29,21	17,81	45,57	67,40	75,30	41,60	8,12	10,50	26000
R-63-1	40B-1	63,50	38,10	39,37	22,87	55,75	82,60	92,80	52,00	12,15	16,00	38000
R-76-1	48B-1	76,20	45,75	48,26	29,22	70,56	99,10	109,60	63,50	20,61	27,20	60000
R-88-1	56B-1	88,90	53,34	53,98	34,30	81,33	117,00	126,60	80,00	27,87	34,00	90000
R-101-1	64B-1	101,60	60,96	62,50	39,40	92,02	131,40	140,00	90,17	36,25	60,00	108000
R-114-1	72B-1	114,30	68,58	72,39	44,48	103,81	148,70	157,20	103,63	46,17	80,00	137000

TIPOS ESPECIALES (no incluidos en normas)

R- 5	-	5,00	2,50	3,20	1,49	4,15	7,40	10,00	4,10	0,05	0,08	200
R-435	-	9,525	3,30	6,00	2,78	5,45	9,60	12,70	9,00	0,15	0,26	800
R-31N	-	9,525	3,94	6,35	3,28	6,70	11,00	14,00	9,00	0,22	0,36	910
C-36N	-	9,525	7,50	5,08	3,28	10,80	15,80	17,50	9,30	0,39	0,46	1300
R-332	-	12,70	4,88	7,75	3,66	7,20	10,60	12,10	9,91	0,28	0,33	820
R-41N	-	12,70	5,21	8,51	4,45	8,74	15,00	18,90	11,81	0,39	0,62	1820
R-48N	-	12,70	6,40	7,75	3,97	9,78	15,40	18,30	11,00	0,38	0,50	1500
R-461	-	12,70	6,40	8,51	4,45	9,93	15,80	19,70	11,81	0,44	0,66	1820
R-130	-	15,875	4,88	7,75	3,66	7,20	10,60	12,10	10,00	0,26	0,28	820
R-51N	-	15,875	6,48	10,16	5,08	10,08	16,40	20,10	14,73	0,51	0,78	2270
R-67N	-	19,05	12,70	12,07	5,94	15,00	25,10	29,00	18,00	0,97	1,60	3900
R-82N	-	25,40	17,02	15,88	8,27	25,00	36,20	41,50	20,60	1,17	1,17	3500

Fuente: (Rodríguez Galbarro, 2023)

Anexo 3. Medidas estandarizadas de los piñones y ruedas (catalinas).

S-3

PIÑONES Y RUEDAS NORMALIZADAS

Para cadena de rodillos Norma DIN - 8187

Paso 19,05 mm. Ancho interior 11,68 mm. Ø rodillo 12,07 mm.

Hoja Técnica

núm. 008

(12 rueda acero)

REFERENCIA

Número
dientes

Ø prim.
Dp

Ø cubo
C

Ø eje
E

Ø eje
máx. M

Ancho
A

Peso
(kg)

PARA CADENA SIMPLE

S-191-10	10	61,60	42	12	25	25	0,350
S-191-11	11	67,60	47	15	28	30	0,470
S-191-12	12	73,60	53	15	32	30	0,600
S-191-13	13	79,60	60	15	36	30	0,740
S-191-14	14	85,60	65	15	39	30	0,870
S-191-15	15	91,60	70	20	42	35	1,150
S-191-16	16	97,60	77	20	46	35	1,350
S-191-17	17	103,70	82	20	49	35	1,570
S-191-18	18	109,70	89	20	53	35	1,800
S-191-19	19	115,70	95	20	57	38	2,200
S-191-20	20	121,80	100	20	60	38	2,450
S-191-21	21	127,80	105	20	63	38	2,700
S-191-22	22	133,90	110	20	66	38	3,000
S-191-23	23	139,90	115	20	69	38	3,500
S-191-24	24	145,90	120	20	72	38	3,800
S-191-25	25	152,00	130	20	78	38	4,200
S-191-27	27	164,10	140	25	84	38	4,750
S-191-30	30	182,30	150	25	90	38	6,100
S-191-38	38	230,70	90	25	54	57	4,300
S-191-57	57	345,80	105	30	63	57	7,300
S-191-76	76	461,00	105	30	63	57	11,000
S-191-95	95	576,20	105	30	63	64	14,500
S-191-114	114	691,40	105	30	63	64	18,000

PARA CADENA DOBLE

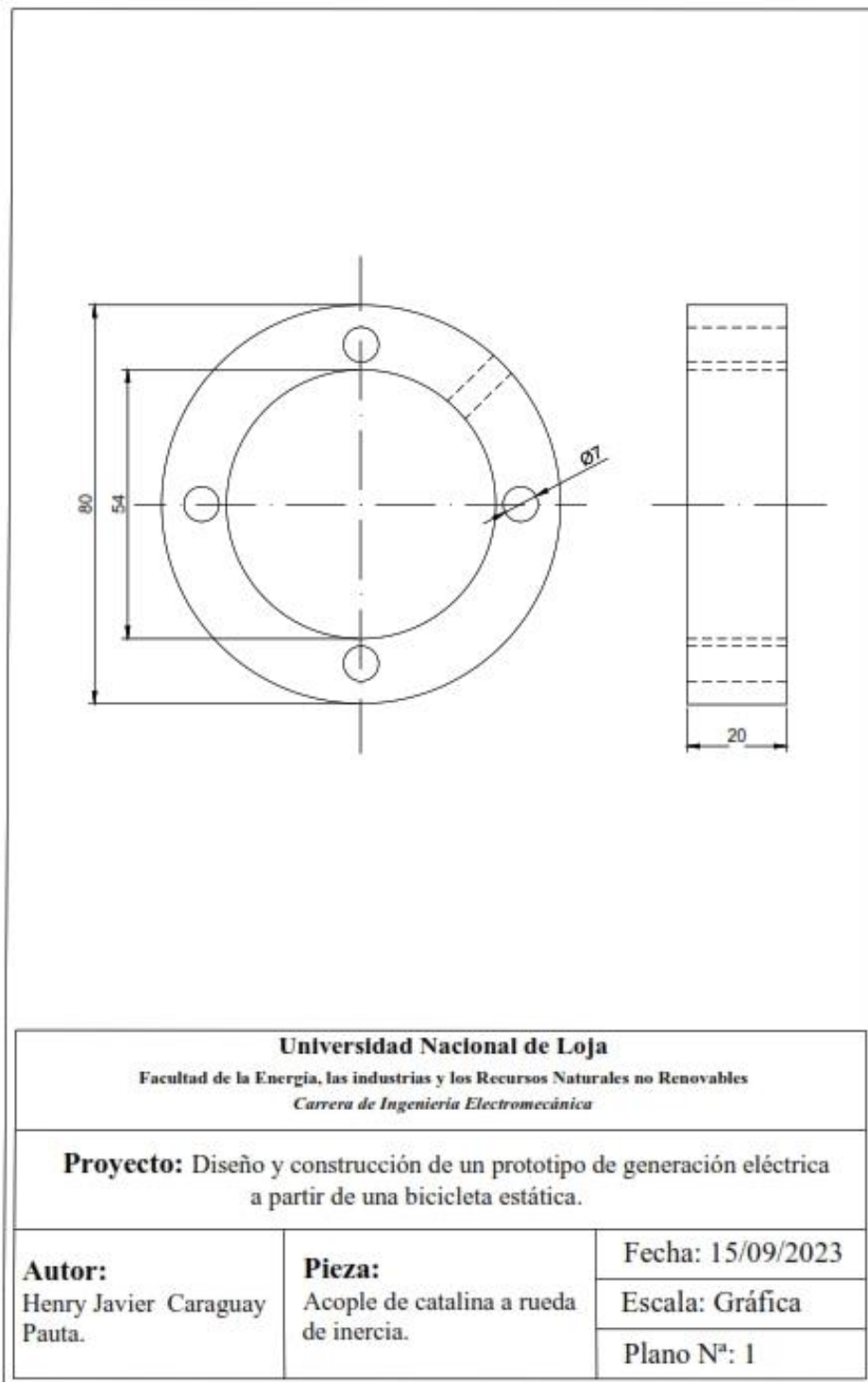
D-191-13	13	79,60	60	20	36	45	1,100
D-191-15	15	91,60	70	20	42	45	1,600
D-191-17	17	103,70	82	20	49	50	2,350
D-191-19	19	115,70	95	20	57	50	3,000
D-191-20	20	121,80	100	20	60	50	3,400
D-191-21	21	127,80	105	25	63	50	3,800
D-191-23	23	139,90	115	25	69	50	4,500
D-191-25	25	152,00	130	25	78	50	5,700
D-191-27	27	164,10	140	25	84	50	6,700
D-191-30	30	182,30	150	25	90	50	8,000
D-191-38	38	230,70	110	25	66	70	7,600
D-191-57	57	345,80	115	25	69	70	11,000
D-191-76	76	461,00	140	35	84	75	17,000
D-191-95	95	576,20	150	35	90	80	25,000
D-191-114	114	691,40	160	35	96	90	41,000

PARA CADENA TRIPLE

T-191-13	13	79,60	60	20	36	65	1,600
T-191-15	15	91,60	70	20	42	65	2,300
T-191-17	17	103,70	82	25	49	65	3,100
T-191-19	19	115,70	95	25	57	65	4,000
T-191-21	21	127,80	105	25	63	65	5,000
T-191-23	23	139,90	115	25	69	65	5,800
T-191-25	25	152,00	130	25	78	65	7,000
T-191-27	27	164,10	140	25	84	65	8,200
T-191-30	30	182,30	150	30	90	65	10,500
T-191-38	38	230,70	110	30	66	75	9,500
T-191-57	57	345,80	130	30	78	75	15,000
T-191-76	76	461,00	150	35	90	75	24,000

Fuente: (Rodríguez Galbarro, 2023)

Anexo 4. Dibujo técnico del acople de la catalina a la rueda de inercia.



Fuente: Autor

Anexo 5. Certificado de traducción.

CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN DE RESUMEN

Ing. Pio Oswaldo Palacios Jimenez con certificación C2 en el idioma inglés.

CERTIFICA:

Que la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de titulación denominado **“Diseño y construcción de un prototipo de generación eléctrica a partir de una bicicleta estática”**, correspondiente al señor egresado: Henry Javier Caraguay Pauta, con cédula de identidad 1105823528, ha sido revisado y supervisado según se me ha solicitado, por lo cual cumple con la correcta traducción al idioma inglés.

Esto es lo que puedo mencionar y certificar en honor a la verdad para fines pertinentes.

Loja, 03 de enero de 2024



Ing. Pio Oswaldo Palacios Jimenez