

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO ELECTROMECÁNICO QUE APROVECHE  
MOVIMIENTOS DE EXTREMIDADES INFERIORES PARA  
RECARGAR CELULARES**

ANDERSON ALEXIS BENJUMEA LONDOÑO  
LUIS FELIPE BUSTAMANTE NARVÁEZ  
ANDRÉS JAIR GIRALDO RUEDA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DE ENVIGADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
ENVIGADO  
2012

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO ELECTROMECAÁNICO QUE APROVECHE  
MOVIMIENTOS DE EXTREMIDADES INFERIORES PARA  
RECARGAR CELULARES**

**ANDERSON ALEXIS BENJUMEA LONDOÑO  
LUIS FELIPE BUSTAMANTE NARVÁEZ  
ANDRÉS JAIR GIRALDO RUEDA**

**Trabajo de grado para optar al título de  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Asesor**

**Juan Evangelista Gómez Rendón  
Especialista en Ciencias Electrónicas e Informática  
Aspirante a Magister en Física Superior**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DE ENVIGADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
ENVIGADO  
2012**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente del jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

**Ciudad y fecha:**

## DEDICATORIA

A mis queridas madres, Luz Estella Londoño y María Gertrudys Villa, quienes con su amor, esfuerzo, motivación y cariño, han sembrado en mí la sabiduría necesaria para seguir adelante sin importar las adversidades.

Anderson Alexis Benjumea Londoño

A Blanca Edith, por hacer de un cansancio el objeto de un chiste, y calmar el desespero y la angustia con una grata sonrisa y un beso de aliento.

Luis Felipe Bustamante Narváez

Dedico este trabajo de grado a mi Padre Carlos, ejemplo de lucha por realizar lo propuesto, por ese apoyo constante e incondicional y por ese lema de vida, que he encontrado en todos sus cuadernos: "QUERER ES PODER", a mi Madre Claudia por sus desvelos y madrugadas, y por esas palabras de aliento cada vez que quería tirar la toalla; a los dos por formarme de manera holística, infinitas GRACIAS y que Dios los siga colmando de bendiciones.

Andrés Jair Giraldo Rueda

"Existen pequeños detalles que llenan el inmenso vacío del tiempo que dejamos de ser hombres, para convertirnos en ciencia".

Marco Busquets

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Institución Universitaria de Envigado por formar y encaminar nuestros conocimientos para crecer y ser mejores profesionales en su representación ante el país y el mundo entero; a Efraín Domínguez Rueda, figura histórica del ciclismo antioqueño, quien nos ayudó con sus enseñanzas y prestó las instalaciones del velódromo Martín Emilio “Cochise” Rodríguez para las pruebas de nuestro trabajo.

Anderson Alexis Benjumea Londoño

Por ser la mano tendida al tiempo de caer, gracias mamá por este logro; a mi padre, por el sacrificio de levantarse antes de que salga el sol 366 días del año sin preocuparse por sus canas; a mis tías Emilce y Zaira, pues sin ellas no tendría este hermoso presente; a mi abuela, símbolo de tesón, y a mi abuelo Luis por brindarme la oportunidad de ser un mejor hombre, un mejor profesional, ya que su templanza hizo de mi paciencia un método bizarro de enfrentar los ideales y llevarlos a cabo; a ustedes y los que se me escapan, un Dios les pague.

Luis Felipe Bustamante Narváez

Agradezco a la Virgen del Carmen y al Divino Niño por bendecirme, agradezco también a todos y cada uno de los que contribuyeron a mi formación como profesional, es imposible nombrarlos a todos, pero en especial doy las gracias a mis abuelas, por ser un ejemplo de amor y ternura, y a mi familia, por ser el timonel de este barco llamado Andrés Jair, que aunque a veces navegara por aguas enfurecidas, buscaban siempre ese viento de popa para que continuamente singlara rumbo norte y llevarlo tranquilo a fondear a buen puerto. A todos mis formadores que desde preescolar inculcaron en mí ese pensamiento de salir adelante sin importar adversidades; en especial a Tere García, imagen viva e indeleble de mi formación incesante. GRACIAS, que Dios los bendiga.

Andrés Jair Giraldo Rueda

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN .....	29
CAPÍTULO 1. PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO.....	31
1.1 PLANTEAMIENTO (FORMULACIÓN) DEL PROBLEMA .....	31
1.1.1 Formulación de la pregunta.....	32
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	32
1.3 OBJETIVOS .....	35
1.3.1 Objetivo General. ....	35
1.4 DISEÑO METODOLÓGICO .....	35
1.4.1 Enfoque.....	35
1.4.2 Tipo de proyecto.....	35
1.4.3 Etapas .....	36
1.4.3.1 Etapa de Indagación.....	36
1.4.3.2 Etapa de Diseño .....	36
1.4.4 Técnicas.....	37
1.4.5 Impacto y resultados esperados.....	37
1.4.6 Compromiso y estrategias de comunicación.....	39
1.5 PRESUPUESTO .....	40
1.5.1 Presupuesto global.....	40
1.5.2 Detalle gasto. ....	42

1.6 CRONOGRAMA.....	43
CAPÍTULO 2. GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE.....	44
2.1 ANTECEDENTES .....	44
2.1.1 Generador eléctrico accionado por fuerza humana.....	44
2.1.2 Generador eléctrico hidráulico.....	44
2.1.3 Utilizan las rodillas para generar electricidad. ....	45
2.2 MARCO TEÓRICO .....	45
2.2.1 Conversión de energía electromecánica. ....	45
2.2.2 Ley de Faraday de la inducción electromagnética. ....	46
2.2.3 Factores que afectan la magnitud de la $f_{em}$ inducida.....	47
2.2.4 Sentido de la tensión inducida, regla de Fleming.....	48
2.2.5 Ley de Lenz.....	49
2.2.6 Generadores elementales.....	50
2.2.7 Fuentes conmutadas.....	51
2.2.7.1 Fuentes de poder de CD.....	51
2.2.7.2 Fuentes de poder DC en modo de conmutación.....	51
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	53
2.3.1 Estructura de investigación.....	53
2.3.2 Proceso de diseño.....	54
2.4 MARCO LEGAL.....	55
2.4.1 Capitulo I. Ley 142 de 1994.....	55
2.4.2 Resumen Resolución 287 de 2004.....	55
2.5 MARCO DEMOGRÁFICO .....	56

## CAPÍTULO 3. CRITERIOS Y VARIABLES DEL DISEÑO ELECTROMECAÁNICO 57

3.1 TIPOS DE BICICLETAS .....	57
3.1.1 Características generales de los tipos de bicicletas .....	59
3.1.2 Selección de bicicleta para pruebas físicas.....	60
3.2 CONDICIONES FÍSICAS DEL CICLISMO.....	64
3.2.1 Capacidades físicas de un ciclista.....	64
3.2.2 Salud deportiva. ....	65
3.3 ENERGÍA GENERADA POR UNA BICICLETA .....	65
3.3.1 Fuerza de ejecución. ....	65
3.3.2 Par de movimiento. ....	66
3.3.3 Velocidad angular generada por el ciclista. ....	67
3.3.4 Potencia invertida por el ciclista. ....	67
3.3.5 Velocidad angular que alcanza el generador. ....	68
3.3.6 Potencia suministrada al generador.....	72
3.3.7 Evaluación (Prueba física).....	74
3.3.7.1Recopilación de datos .....	74
3.3.7.2Discriminación general de datos .....	75
3.3.7.3 Filtro de datos.....	77
3.3.7.4 De acuerdo a la edad exacta.....	78
3.3.7.5 De acuerdo a su peso. ....	79
3.3.7.6 De acuerdo a su talla.....	80
3.3.7.7 De acuerdo al deporte que practican.....	81
3.3.7.8 Si practican o no, en bicicleta.....	82
3.3.7.9 Selección de prueba.....	84



3.3.7.10 Discriminación general de datos. ....	85
3.3.7.11 Filtro de datos.....	86
3.3.7.12 De acuerdo a su edad .....	87
3.3.7.13 De acuerdo a su peso .....	88
3.3.7.14 De acuerdo a su talla.....	88
3.3.8 Pruebas realizadas.....	89
3.3.8.1 Prueba I.....	89
3.3.8.2 Prueba II.....	93
3.3.9 Análisis de resultados.....	97
3.4 CONSTRUCCION Y DEVANADO DE LAS MAQUINAS .....	97
3.4.1 Posibilidades de las maquinas. ....	97
3.4.1.1 Construcción de la máquina de corriente continua.....	98
3.4.2 Circuitos y campos magnéticos de la maquina c.c.....	100
3.4.3 Reactancia del inducido. ....	101
3.4.4 Cálculos de flujo magnético.....	101
3.4.5 Devanados de inducido.....	103
3.4.6 Devanado imbricado y ondulado.....	104
3.5 RELACIONES DE TENSIÓN EN LOS GENERADORES DE CC.....	105
3.5.1 Generalidades.....	105
3.5.2 Tipos de generador. ....	106
3.5.3 Diagrama esquemático y circuito equivalente de un generador shunt. ....	106
3.5.4 Líneas de resistencia de excitación del generador autoexcitado. ....	107
3.5.5 Producción de la autoexcitación en un generador shunt.....	109
3.5.6 Razones por las que un generador shunt autoexcitado puede no desarrollar tensión.....	110

3.5.7 Efecto de la carga en impedir la autoexcitación de un generador shunt. ...	110
3.5.8 Características carga-tensión de un generador shunt.....	111
3.5.9 Regulación de tensión de un generador.....	111
3.6 TRANSMISIÓN MECÁNICA.....	112
3.6.1 Transmisiones mecánicas.....	112
3.6.2 Tipos de transmisiones.....	112
3.6.2.1 Transmisión por cadena.....	113
3.6.2.2 Transmisión por correa.....	114
 CAPÍTULO 4. SELECCIÓN DE LA BATERÍA PARA .....	 115
 LA ALIMENTACIÓN DE LA FUENTE DC .....	 115
 4.1 BATERÍAS O ACUMULADORES PRESENTES EN EL MERCADO.....	 115
4.1.1 Acumuladores primarios.....	115
4.1.2 Acumuladores secundarios.....	116
4.1.2.1 Baterías automotrices o de arranque.....	116
4.1.2.2 Baterías industriales.....	117
4.1.2.3 Baterías estacionarias.....	117
4.1.2.4 Baterías de tracción.....	118
4.2 FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE UNA BATERÍA DE PLOMO-ÁCIDO (SLA)	119
4.2.1 Funciones generales de una batería SLA .....	119
4.3 PARTES DE UNA BATERÍA SLA .....	120
4.4 BATERÍAS SEGÚN SU CONSTRUCCIÓN.....	121
4.4.1 Baterías libres de mantenimiento.....	121
4.4.2 Baterías selladas.....	121

4.4.3 Baterías no selladas.....	122
4.4.4 Baterías húmedas. ....	122
4.4.5 Baterías cargadas en seco.....	122
4.5. MÉTODOS DE CARGA Y DESCARGA .....	123
4.5.1 Prueba de carga de la Batería.....	124
4.5.2. Método de recarga rápida. ....	124
4.5.3. Montaje y conexión interna de las baterías. ....	124
4.6. FALLAS COMUNES EN LAS BATERÍAS .....	124
4.6.1 Tiempo de uso.....	124
4.6.2. Pobre mantenimiento. ....	125
4.6.3. Sobrecarga o insuficiencia de carga. ....	125
4.6.4. Causas de descarga en baterías.....	125
4.7. CONEXIÓN DESDE EL MOTOR SHUNT .....	126
 CAPÍTULO 5. FUENTES DE ALIMENTACIÓN.....	 127
5.1 FUENTES DE ALIMENTACIÓN DC.....	128
5.2 FUENTE DE ALIMENTACIÓN DC CONMUTADA .....	128
5.2.1 Convertidor Flyback.....	129
5.2.1.1 Modo 1. ....	129
5.2.1.2 Modo 2. ....	131
5.2.1.3 Comparación de modos. ....	133
5.2.2 Convertidor Directo.....	133
5.2.2.1 Modo 1. ....	134
5.2.2.2 Modo 2. ....	136

5.2.3 Comparación convertidores Flyback y Directo. ....	138
5.2.4 Convertidor Push-Pull.....	138
5.2.5 Convertidor en medio puente. ....	139
5.2.5.1 Modo 1. ....	140
5.2.5.2 Modo 2. ....	141
5.2.5.3 Modo 3 y 4.....	141
5.2.6 Comparación convertidores Directo y medio puente.....	142
5.2.7 Convertidor en puente completo. ....	143
5.2.7.1 Modo 1. ....	144
5.2.7.2 Modo 2. ....	144
5.2.7.3 Modo 3 y 4.....	144
5.2.8 Comparación convertidores medio puente y completo.....	145
5.3 FUENTES DE ALIMENTACIÓN DC RESONANTES .....	146
5.4 FUENTES DE ALIMENTACIÓN BIDIRECCIONALES .....	146
5.5 DISEÑO DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN DC CONMUTADA DE TIPO DIRECTO .....	147
 CAPÍTULO 6. DISEÑO FINAL.....	 154
6.1 SISTEMA ELECTROMECAÁNICO .....	154
6.2 SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA.....	156
6.3 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA .....	157
6.4 SISTEMA DE CONMUTACIÓN DE ENERGÍA.....	158
6.5 SISTEMA DE CONEXIÓN PARA CARGA DE CELULARES .....	163
 CONCLUSIONES.....	 165

RECOMENDACIONES ..... 167

BIBLIOGRAFÍA ..... 169

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Descripción presupuesto global .....	40
Tabla 2. Descripción gasto visita .....	42
Tabla 3 Partes de la bicicleta. ....	63
Tabla 4 Recopilación de datos. ....	74
Tabla 5. Mayoría de edad filtro inicial.....	75
Tabla 6. Por genero filtro inicial.....	76
Tabla 7. Filtro, mujeres mayores de edad.....	77
Tabla 8. Filtro, hombres mayores de edad.....	78
Tabla 9. Filtro de edad exacta.....	78
Tabla 10. Filtro de peso exacto.....	79
Tabla 11. Filtro de talla exacta.....	80
Tabla 12. Filtro de acuerdo al deporte practicado.....	81
Tabla 13. Frecuencia deportiva.....	82
Tabla 14. Cantidad de encuestados con bicicleta.....	82
Tabla 15. Tipos de bicicleta.....	83
Tabla 16. Frecuencia de uso de bicicleta.....	83
Tabla 17. Forma 1 de prueba física.....	84
Tabla 18. Selección de personas para las pruebas.....	85
Tabla 19. Seleccionados, filtro mayoría de edad.....	85
Tabla 20. Seleccionados, filtro género.....	86

Tabla 21. Seleccionados, filtro mujeres- mayoría de edad.....	86
Tabla 22. Seleccionados, filtro hombres- mayoría de edad. ....	87
Tabla 23. Seleccionados, filtro edad exacta.....	87
Tabla 24. Seleccionados, filtro peso exacto. ....	88
Tabla 25. Seleccionados, filtro talla exacta. ....	88
Tabla 26. Recolección datos Prueba I.....	89
Tabla 27. Medidas del velódromo Martín Emilio “Cochise” Rodríguez.....	93
Tabla 28. Ejemplo de datos seleccionados, para Prueba II. ....	94

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de Gantt. Cronograma de actividades. ....	43
Figura 2. Gráfico explicativo de la ley de Faraday.....	46
Figura 3. Variaciones de la ley de Faraday. ....	48
Figura 4. Explicación de la regla de la mano derecha o regla de Fleming. ....	49
Figura 5. Ilustración de la ley de Lenz.....	50
Figura 6. Generador básico.....	50
Figura 7. Configuración para las fuentes conmutadas. ....	52
Figura 8. Esquema del proceso de diseño. ....	54
Figura 9. Partes de la bicicleta. ....	60
Figura 10. Bicicleta utilizada para la generación. ....	61
Figura 11. Relación de platos del pedal. ....	62
Figura 12. Relación de platos de pedal trasero. ....	62
Figura 13. Dimensiones de la bicicleta de pruebas. ....	63
Figura 14. Fuerza y trabajo .....	66
Figura 15. Relación de radios de la bicicleta.....	69
Figura 16. Demostración de igualdad de velocidad tangencial. ....	71
Figura 17. Capacidades por persona. ....	90
Figura 18. Capacidades por género. ....	90
Figura 19. Edad mujeres. ....	91
Figura 20. Edad hombres. ....	91



Figura 21. Capacidades por edad. ....	91
Figura 22. Capacidades por peso. ....	92
Figura 23. Capacidades por talla.....	92
Figura 24. Velódromo Martín Emilio “Cochise” Rodríguez. ....	93
Figura 25. Capacidad por persona Prueba II.....	94
Figura 26. Capacidad por género Prueba II. ....	95
Figura 27. Edad mujeres Prueba II.....	95
Figura 28. Edad hombres Prueba II. ....	95
Figura 29. Capacidad por edad, filtro Prueba II.....	96
Figura 30. Capacidad por peso, filtro Prueba II.....	96
Figura 31. Capacidad por talla, filtro Prueba II. ....	96
Figura 32. Especificaciones de la máquina de corriente continua.....	100
Figura 33. Distribución de flujo de excitación. ....	100
Figura 34. Tipos de devanado de inducido para máquinas de corriente continua. .....	103
Figura 35. Devanado imbricado y ondulado.....	104
Figura 36. Esquema y circuito equivalente de un generador shunt.....	106
Figura 37. Circuito equivalente de un generador autoexcitado. ....	108
Figura 38. Relación tensión-corriente de un generador autoexcitado. ....	108
Figura 39. Producción de la excitación de un generador derivación autoexcitada. .....	109
Figura 40. Sección Transversal de una pila seca.....	115
Figura 41. Batería automotriz.....	116
Figura 42. Batería Industrial. ....	117
Figura 43. Baterías estacionarias.....	118

Figura 44. Batería de monta-carga eléctrico. ....	118
Figura 45. Ejemplo de depósito.....	119
Figura 46. Manera de activar una batería cargada en seco. ....	122
Figura 47. Tipos de baterías fabricadas por MAC S.A. ....	123
Figura 48. Motor serie o Shunt conectado a una batería. ....	126
Figura 49. Circuito Flyback.....	130
Figura 50. Formas de onda de circuito Flyback.....	130
Figura 51. Circuito Flyback bilateral. ....	133
Figura 52. Circuito Directo.....	134
Figura 53. Componentes de corriente en el primario. ....	135
Figura 54. Convertidor directo bilateral. ....	137
Figura 55. Formas de onda de circuito Directo.....	138
Figura 56. Circuito convertidor Push-Pull. ....	139
Figura 57. Circuito convertidor en medio puente.....	140
Figura 58. Forma de onda circuito en medio puente. ....	140
Figura 59. Circuito en puente completo.....	143
Figura 60. Forma de onda de circuito en puente completo. ....	143
Figura 61. Circuito resonante DC en medio puente, y puente completo. ....	146
Figura 62. Circuito bidireccional. ....	147
Figura 63. Elementos para el diseño.....	149
Figura 64. Ubicación de banda en rin.....	154
Figura 65. Relación de la cadena entre Catarina y llanta.....	155
Figura 66. Relación de banda al cabezal del generador. ....	155
Figura 67. Sistema de transmisión mecánica.....	156

Figura 68. Motor shunt. ....	157
Figura 69. Batería Ácido-Plomo. ....	157
Figura 70. Voltaje DC a primario del transformador .....	158
Figura 71. Voltaje DC a la salida del transformador sin pico de sobre impulso...	159
Figura 72. Fuente de conmutación.....	159
Figura 73. Sistema de control por comparación de tensión. ....	160
Figura 74. Señal de control en modo comparador de tensión.....	161
Figura 75. Control por actuador.....	161
Figura 76. Control por actuador a la entrada del transistor de la fuente.....	162
Figura 77. Comportamiento del sistema de conmutación de energía. ....	163
Figura 78. Fases de carga de una batería de iones de litio.....	164

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A .....	173
ANEXO B .....	180
ANEXO C .....	182
ANEXO D .....	183
ANEXO E .....	184
ANEXO F.....	185
ANEXO G.....	186
ANEXO H .....	187
ANEXO I.....	188
ANEXO J.....	189
ANEXO K .....	190

## GLOSARIO

**ACELERACIÓN ANGULAR:** cambio que experimenta la velocidad angular por unidad de tiempo. Se mide vectorialmente y se denota comúnmente con la letra griega alfa ( $\alpha$ ).

**ADIPÓMETRO:** instrumento que sirve para medir la densidad de un área de la piel como comparación piloto para calcular la cantidad acumulada de grasa subcutánea<sup>1</sup>.

**ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA:** método para conservar la energía producida, archivándola en lugares con alto diferencial de potencial, tales como una batería o una represa.

**ALTERNADOR:** máquina eléctrica, capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una corriente alterna mediante inducción electromagnética.

**APLICACIÓN:** es la selección adecuada de la batería, respecto al consumo de corriente y tamaño de la bicicleta.

**APLICACIÓN DE LA BATERÍA:** cada batería fue creada para mantener un voltaje y entregar una corriente específica; de lo mencionado anteriormente depende la adecuada selección de la batería.

**BANCO DE BATERÍAS:** alineamiento o filamento de baterías conectadas entre sí, con el fin de almacenar una cantidad notoria de energía eléctrica en corriente directa, para ser utilizada en un evento futuro.

**BATERÍA:** se dice de todo dispositivo capaz de transformar la energía eléctrica en energía química, conservándola almacenada en esta forma y ser capaz igualmente, de transformarla nuevamente en energía eléctrica, cuando sea necesario.

**BICICLETA:** vehículo de transporte terrestre, de tipo personal, el cual funciona con propulsión humana.

**BIELA:** elemento mecánico de tracción o compresión que transmite el movimiento articulado a una parte específica de la máquina, por ejemplo a la catarina de una bicicleta.

---

<sup>1</sup>LA SALUD EN LÍNEA, ONSALUS. ADIPÓMETRO. [En línea] <http://www.onsalus.com/diccionario/adipometro/3418> [Citado el 15 de Julio de 2012].

**BOBINADO:** componente pasivo de un circuito eléctrico, que debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.

**CAMPO ELECTROMAGNÉTICO:** segmento físico donde por medio del paso de energía eléctrica en ciclos repetitivos, se crea un componente tensorial que magnetiza el espacio vacío de circulación eléctrica.

**CAPACIDAD:** la habilidad de una batería completamente cargada para entregar una cantidad específica de electricidad (Ah) en una proporción dada (A) sobre un período definido de tiempo.

**CAPACIDAD DE UNA BATERÍA:** es la aptitud que tiene una batería para suministrar cierta cantidad de amperios sobre un tiempo determinado, que para el caso de las baterías se mide en amperios-hora (Ah); en esta capacidad también influye el peso del material del cual esté hecha, la gravedad específica, y la cantidad disponible de electrolito dentro de ella.

**CAPACIDAD DE RESERVA MÍNIMA:** es una cualidad de la batería que provee fuerza para movimiento con una mínima carga eléctrica por periodos extensos de tiempo. “La capacidad de reserva mínima se define como el número de minutos en el que se puede descargar una batería completamente cargada, a una temperatura de 28°C (80°F) y a un promedio de 25 Am perios y manteniendo un voltaje de 10.5V en la batería. Una capacidad alta de reserva, proporciona un mayor margen de seguridad. Las baterías normales pueden tener una capacidad de reserva de entre 65 a 110 minutos<sup>2</sup>”.

**CAPACIDAD NOMINAL (AH):** unidad de medida para la capacidad de la batería, obtenida al multiplicar el flujo de corriente en Amperios por el tiempo en horas, durante el cual fluye la corriente.

**CAPACITOR:** dispositivo pasivo de la electrónica y la electricidad que por medio de campo eléctrico genera una condensación de la fuerza electromotriz del sistema, generando una pequeña fuente de tensión.

**CARCASA:** se denomina carcasa a un conjunto de piezas duras y resistentes, que dan soporte (internas) o protegen (externas) a otras partes de un equipo.

**CATARINA:** estructura de un engranaje de transmisión mecánica por correa. Disco dentado donde se encuentra la biela de la bicicleta, con la que se ejecuta el primer ciclo de movimiento de una bicicleta.

---

<sup>2</sup> MAC S.A. Terminología de la batería. [En línea] <[http://www.mac.com.co/html/sitio/es\\_educativa.htm](http://www.mac.com.co/html/sitio/es_educativa.htm)> [Citado el 23 de abril de 2012].

**CICLOS:** serie de fases por las que pasa un fenómeno periódico hasta que se reproduce una fase anterior.

**CIRCUITO:** red eléctrica que posee por lo menos una trayectoria cerrada.

**COLECTOR:** método de hacer una conexión eléctrica a través de un ensamblaje rotativo. Los colectores también son llamados anillos rotatorios.

**CORRIENTE:** flujo de carga por unidad de tiempo, que recorre un circuito, se mide en Amperios.

**DELGAS:** el colector es un elemento que se utiliza para conectar eléctricamente la parte fija o chasis y el estator o bobinas de la parte móvil de las máquinas eléctricas de corriente continua.

Este elemento está formado de un anillo, concéntrico al eje de giro, eléctricamente aislado, hecho por una serie de láminas, también llamadas delgas, por lo general de cobre, las cuales están aisladas unas de otras, empalmadas a la bobinas giratorias.

**DEVANADO:** vueltas que tiene un transformador o maquina eléctrica en el estator o rotor, es decir es el embobinado.

**DIFERENCIAL:** relación de tensión entre dos puntos de un circuito.

**DÍNAMO:** generador eléctrico que por medio de la inducción electromagnética, transforma energía magnética en eléctrica.

**DIODO:** elemento electrónico pasivo que permite la circulación de la corriente en una sola dirección.

**DISEÑO ELECTRÓNICO:** dibujo pre-figurativo de la composición física de un circuito electrónico.

**DISIPADORES DE CALOR:** elemento hecho normalmente de zinc, que expande la temperatura en su forma, y permite que los componentes principales de un circuito electrónico no superen su temperatura de funcionamiento.

**ELECTRICIDAD:** fenómeno físico cuyo origen son las cargas eléctricas y finalidad se refleja en los elementos mecánicos, térmicos, luminosos y químicos.

**ELECTROIMÁN:** es un modelo de imán en el cual el campo magnético se obtiene al pasar un flujo de corriente eléctrica a través de un cable devanado en un metal de alto coeficiente de permeabilidad magnética. El efecto desaparece cuando dicha corriente deja de circular.

**ELECTRÓNICA:** control del flujo microscópico de energía eléctrica.

**ENERGÍA CINÉTICA:** trabajo necesario para acelerar un cuerpo con determinada masa.

**ENERGÍA POTENCIAL:** propiedad de conservación de un cuerpo de la cantidad de trabajo almacenada de acuerdo a su posición.

**ENERGÍA:** capacidad de un cuerpo de realizar un trabajo.

**ESCOBILLAS:** para establecer una conexión entre la parte fija y las bobinas giratorias se necesitan elementos que hagan esta labor; la cual consiste en fijar dos anillos en el eje de giro, por lo general de cobre, conectados a las terminales de la bobina giratoria y aislada del eje de rotación. Los colectores se conectan por medio de un resorte a unos bloques de carbón, los cuales hacen el contacto necesario para la generación del movimiento del motor.

**ESTATOR:** parte fija de una máquina rotativa; es la juntura del elemento transmisor de potencia.

**FRECUENCIA:** magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de un sistema oscilante.

**FUENTE DC:** sistema que transforma la corriente alterna del suministro en una corriente no cíclica, con la que operan los distintos sistemas tecnológicos de la actualidad.

**FUERZA ELECTROMOTRIZ:** es un principio de acción que mantiene un diferencial de potencia entre dos terminales opuestas en un circuito abierto o además de producir flujo de corriente eléctrica en un circuito cerrado.

**FUERZA MAGNETO-MOTRIZ:** es aquella capaz de producir un flujo magnético entre dos puntos de un circuito magnético.

**FUERZA:** magnitud física que mide la intensidad del intercambio de momento lineal entre dos partículas o sistemas de partículas.

**FUERZAS CENTRÍFUGAS:** es una fuerza utópica que traza el movimiento rotacional de un cuerpo sobre un eje de referencia.

**GANANCIA:** cantidad en veces de la diferencia de un sistema de transferencia o intercambio de energía, de entrada por salida.

**GENERACIÓN ELÉCTRICA:** capacidad de elaborar electrones por medio de energía potencial, a partir del movimiento y la excitación de la tensión eléctrica.



**GRAVEDAD ESPECÍFICA:** es la relación entre la densidad de una sustancia y el agua. La gravedad específica de un electrolito, es el peso de éste, comparado con el peso de un volumen, igual al del agua pura (unidad de medida de la densidad).

**HISTÉRESIS:** es la propiedad que tienen diferentes materiales de preservar sus cualidades físicas después de que la fuerza que la generó no está presente.

**INDUCIDO:** elemento de una máquina rotativa en el cual se origina la conversión de energía mecánica en energía eléctrica por medio inducción electromagnética.

**INDUCTOR:** es uno de los componentes pasivos de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, acumula energía en forma de campo magnético. Es también llamado bobina.

**INERCIA:** es un atributo que poseen los cuerpos de mantenerse en su estado de reposo o movimiento, entretanto no se le suministre alguna fuerza.

**MÁQUINA ASÍNCRONA:** estos equipos son también llamados máquinas de inducción de corriente alterna. Debido a su fácil construcción son usadas principalmente como motores, contrario a las máquinas síncronas que son utilizadas como generadores. En todas las redes de distribución el motor más usual es el motor asíncrono trifásico.

**MÁQUINA SÍNCRONA:** es un aparato electromecánico giratorio en el cual la corriente eléctrica, la velocidad de giro y el régimen permanente están conexos con la frecuencia de la tensión de los bornes y el número de pares de polos.

**MOTOR DC:** sistema capaz de transformar energía eléctrica en energía mecánica, a partir de la anulación de ciclos de desplazamiento para generar movimiento en una sola dirección.

**OPTO-ACOPLADORES:** elemento pasivo electrónico capaz de aislar circuitos de potencia, de controles electrónicos netamente.

**POTENCIA:** cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo.

**RADIO:** parte de una rueda que une el cubo del eje con la superficie de rodadura.

**RELUCTANCIA:** la resistencia que posee cierto material o circuito eléctrico al paso del flujo magnético cuando es intervenido por un campo magnético.

**RESISTENCIA:** elemento pasivo que regula y contrarresta el paso de corriente por un circuito.

**REVOLUCIONES POR MINUTO:** medida de velocidad angular, que identifica la calidad de los motores.

**ROTOR:** parte giratoria de una máquina eléctrica.

**RUEDA:** pieza mecánica circular que gira alrededor de un eje.

**SISTEMA DE TRANSMISIÓN:** conjunto de elementos mecánicos que permiten el intercambio de energía de acuerdo a las proporciones de fuerza y velocidad.

**TARJETA IMPRESA:** circuito dibujado en tarjetas desechables, con pistas de cobre que hacen el enlace de los elementos que componen el circuito electrónico.

**TIRISTOR:** componente electrónico constituido por una serie de elementos semiconductores que utiliza realimentación interna para producir una conmutación.

**TRABAJO:** energía utilizada por un cuerpo para desplazarse con determinada fuerza.

**TRANSISTOR:** dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador.

**VELOCIDAD:** magnitud física de carácter vectorial que expresa la distancia recorrida por un objeto por unidad de tiempo.

**VELOCIDAD CENTRÍFUGA:** desplazamiento vectorial por unidad de radio circular.

**VOLTAJE:** magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. También se puede definir como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos posiciones determinadas.

## RESUMEN

La energía eléctrica de suministros, los combustibles, y los sistemas de energía renovables conocidos en la actualidad, tales como los paneles solares y los molinos de viento, forman parte de un ciclo de la naturaleza, que dentro de las leyes de la misma, en algún momento llegarán a su final; no obstante es de aclarar la importancia que tienen en la actualidad las energías mencionadas, puesto que se supone que el riesgo de desaparición, es nulo.

Por medio de una bicicleta, conectada a un sistema de transmisión mecánica por correa (cadena y catarina dentada), se elabora un sencillo pero útil método de generar la energía suficiente para encender las luminarias de una vivienda; al disponer de equipos portables como lo son los celulares, se puede garantizar la alimentación de un número significativo de los mismos, a través de un generador conectado al sistema de transmisión, que de acuerdo a su relación mecánica es capaz de recibir una velocidad de hasta 1900RPM, que a su vez, puede llegar a generar una tensión de corriente directa entre los 25 y 50V.

El sistema está capacitado para almacenar dicha energía en una batería acondicionada para las perturbaciones volti-amperimétricas que pueda generar la máquina eléctrica, en este caso un Motor DC. A la salida de la batería se encuentra una fuente conmutada de tipo directo, que regula la cantidad de voltaje que puede suministrar a un determinado equipo celular, de acuerdo a las características de su batería y las condiciones particulares exigidas por cada firma móvil.

## ABSTRACT

Electric power supply, fuel, and renewable energy systems known at present such as are solar panels and windmills form part of a natural cycle, that within the laws of the same, eventually come to an end, however it is to clarify the importance now the last mentioned, since it is assumed that the risk of extinction, is zero.

Using a bicycle connected to a gear belt (chain and sprocket gear) develops a simple but useful method of generating enough energy to light the lights of a house, to have portable devices such as the cell, can guarantee the feeding of a significant number of them, through a generator connected to the transmission system, which according to its mechanical connection is capable of receiving a speed up to 1900RPM, which in turn may give rise to a direct current voltage between 25 and 50V.

The system is able to store this energy in a battery equipped for disturbances ammeter-voltmeter that can generate electrical machine, in this case a DC motor. The battery output is a switched direct type, which regulates the amount of voltage it can supply to a particular mobile device, according to the characteristics of the battery and the special conditions required by each mobile company.

## INTRODUCCIÓN

A través de los años, se han descubierto diferentes formas de entregar energía eléctrica al ser humano, para suplir diversas necesidades, como la iluminación, la alimentación, el trabajo; y otras no tan necesarias, pero que a su vez le permiten vivir plenamente y de una manera holgada. Para el año 1660 solo se conocían los combustibles a base de crudo y las generaciones de gas metano encontrado en los bosques espesos. Otto Von Guericke, construye pues la primera máquina neumática capaz de generar energía eléctrica, Van de Graff, mejoró y evitó el uso de aire aplicándole sistemas de transmisión mecánica, y medio siglo más tarde Francis Hawkesbee descubre que el mismo sistema en vacío era capaz de generar una corriente tan grande, que se puede salir del mismo experimento.

Se da comienzo pues a una revolución de la energía eléctrica y la búsqueda de su concepción; Carlos Dufay en 1773 descubre la polaridad de los objetos y los diversos principios del magnetismo, 20 años después en los Estados Unidos Benjamin Franklin, con el experimento de la cometa (Eleva una cometa en medio de una tormenta; en la punta de la cometa va una varilla de metal y en la cola una pequeña llave. Al recibir un rayo, se generan cargas eléctricas en la llave), descubre el principio de los pararrayos y la relación de los diversos metales con la electricidad.

A comienzos de 1800 los estudios de la energía eléctrica se trasladan a Italia y allí comienza un renacimiento del estudio de la misma, Luis Galvani, descubre el comportamiento químico de la electricidad, al hacer mover con metales los pies de una rana muerta. Fue el principio para que Alejandro Volta identificara que el paso de corriente por dos metales, generaba electricidad y que si ponía un elemento no metal dentro de ellos, podía guardar dicha energía, y fue de esta manera como inventó la pila de zinc, la misma con la que hoy funcionan los controles remotos entre otros equipos, tales como todo tipo de baterías.

Todo basado en experimentos y en predicciones bastante fuera de lo común llevaron al proceso del estudio de la misma electricidad, como ciencia aplicada dentro de la misma Italia del siglo XIX, Hans Christian Oersted en un laboratorio con sus estudiantes notó como su brújula de mano se movía notoriamente al pasar electricidad con una pila por un cable de cobre; fue allí cuando comenzó el estudio de la relación directa entre electricidad y el magnetismo. Más tarde Georg Ohm, descubre su tesis con el mismo experimento medido con magnetismo, dando razón de los estudios anteriores.

En 1831 Miguel Faraday descubre el dínamo, con el mismo experimento que otros hicieron e instaló el concepto de corriente directa en los estudios de la nueva ciencia. Thomas Alva Edison descubre la bombilla a través del principio de Faraday y Nicola Tesla, pone el sistema a funcionar en serie, dando paso a la

inventiva de los generadores hidráulicos, los molinos de viento y todo sistema que fuese capaz de generar electricidad a gran escala por medio de la mecánica.

Si se analiza y se predice desde el momento actual, la solución a la realidad de saber que los recursos que mueven los sistemas generadores de energía eléctrica tienden a desaparecer, se podría decir que es necesario y más aun obligatorio entender que se necesitan los mismos sistemas que en aquel tiempo se utilizaron. Esta vez con la tecnología y los medios para generar por medio de un simple motor DC, la energía suficiente para no hacer más represas y afectar negativamente el ecosistema, es un buen comienzo, “a decir verdad”, para elaborar un futuro mejor y más rentable para los usuarios del servicio de energía eléctrica y ambientalmente sostenibles.

Hoy en día hay empresas que funcionan con energía solar, otras con molinos de viento, y hoy con una simple bicicleta que tiene la capacidad de generar 1800RPM promedio, con solo dar 60 pedalazos en 1 minuto. El sistema de transmisión es capaz de reproducir la potencia necesaria para alcanzar el movimiento de un motor DC, que entrega sin carga un aproximado de 50VDC reales, con una carga inductiva mínima por la corrección del factor de potencia, además el almacenamiento del diferencial en una batería de larga duración, y la entrega continua de corriente para cargar los equipos celulares de hasta 15 personas a la vez, con un promedio de 3V a 700mAh.

De esta forma hay un nuevo periodo de ilustración en la concepción de energía eléctrica, con base en la experiencia y un trabajo que tiene más de 400 años, así pues se pasa a la historia, con un modelo quizá utilizado en muchas partes, pero que en este caso proporcionará un impacto ambiental que en mediano plazo se notará.

# CAPÍTULO 1. PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

## 1.1 PLANTEAMIENTO (FORMULACIÓN) DEL PROBLEMA

El hombre en la búsqueda por encontrar los elementos que suplan sus necesidades, se embarcó en una búsqueda incansable para hallar los bienes que le ayudaran a un mejor vivir, en los últimos 100 años el hombre ha realizado los adelantos científicos más grandes nunca encontrados en toda la historia de la humanidad, los campos de la tecnología, la medicina, la ciencia, la genética, en general todos los campos de estudio del entorno actual, han realizado aportes invaluable a la calidad de vida que la mayoría de los habitantes de este planeta tiene<sup>3</sup>.

A través de la historia se han creado cientos de objetos simples, pero necesarios para la vida. La energía fue uno de los más importantes adelantos de la humanidad, se remonta desde los años 1600 donde se estudiaban las fuerzas magnéticas y eléctricas para mejorar el funcionamiento de las brújulas, cuando William Gilbert propuso que la tierra era un poderoso imán y dejó publicado en su famoso tratado “De Magnete” las bases para la evolución de estos estudios<sup>4</sup>.

La energía eléctrica es hoy en día un bien primordial al cual no todos los ciudadanos del mundo tienen acceso, ayuda a tener alimentos listos y preparados para su consumo, a ver el entorno en las horas nocturnas, a comunicarse a largas distancias, en general a tener una vida más llevadera y amena.

La principal forma de generar energía y una de las más utilizadas es la generada por combustión, es decir, quema de combustibles fósiles: petróleo; este medio ha sido de uno de los mayores generadores de gases de efecto invernadero, con la ayuda de los carros, de las empresas y de todos los procesos industriales que generen CO<sub>2</sub><sup>5</sup>.

El planeta tierra ha sido golpeado una y otra vez por el hombre, quema y tala de árboles, destrucción de ecosistemas complejos, que tardan millones de años en establecerse, desvío y destrucción de ríos; todo esto creando maneras de suplir las necesidades energéticas<sup>6</sup>, creando centrales hidroeléctricas, creando centrales atómicas de las cuales ha quedado destrucción, muertes y secuelas que con el tiempo siguen latentes, centrales de gas natural, donde se sigue quemando este elemento para convertir el empuje de un alternador para la generación de energía;

---

<sup>3</sup> NUÑEZ, Ramón. El siglo de la ciencia. Revista Propedéutico de Ciencias Naturales. Editorial Televisa. 1998 [on line]

<sup>4</sup> CASTELLS, Manuel. La revolución de la tecnología de la información. 1999. [on line]

<sup>5</sup> MANSO, Paulo. Energía, cambio climático y actividades de implementación conjunta. OCIC: oficina costarricense de implementación conjunta. Mayo de 1998. [on line]

<sup>6</sup> MONTES, C. SALA, O. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. Septiembre 2002. AEET: asociación española de ecología terrestre. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. [on line]

muchos son los métodos con los cuales se destruye el planeta y por ende a la humanidad<sup>7</sup>.

A pesar de todos estos cambios negativos y viendo los daños irreversibles al medio ambiente, los científicos, matemáticos, ingenieros, físicos, diseñadores, entre otros; han utilizado todos sus conocimientos para ayudar al planeta en la lucha ardua de desintoxicarlo, de encontrar maneras limpias y sanas para su mejoramiento; se han utilizado centrales eólicas, las cuales con vientos constantes, el movimiento de unas aspas y la rotación del alternador, genera energía<sup>8</sup>. También se han creado unas pocas centrales fotovoltaicas, donde la luz se cambia a energía eléctrica por medio de paneles solares, utilizando ese recurso infinito como lo es el sol<sup>9</sup>.

Todos estos esfuerzos parecen no ayudar al mejoramiento del planeta, pero son los primeros pasos para renovar el hábitat de la “casa”, llamada Tierra, hace parte de la conciencia ciudadana ayudar al mejoramiento del medio ambiente, reciclando, disminuyendo el uso de automóviles o medios de transporte que generen gases nocivos.

**1.1.1 Formulación de la pregunta.** Muchas son las personas que utilizan los gimnasios como un medio para el acondicionamiento físico, reducción de grasa o beneficios en la salud; muchas de ellas van a estos escenarios y utilizan máquinas como caminadoras, bicicletas estáticas, para hacer trabajo cardiovascular, fortalecer los músculos o quemar grasa, pero, ¿Cómo generar una energía aprovechable a partir del esfuerzo físico que se realiza?

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Diferentes estudios han demostrado que realizar, de 15 minutos en adelante, alguna actividad física es beneficioso para el cuerpo humano, mejora la calidad de vida y reduce el riesgo de muerte<sup>10</sup>; en Colombia hay gimnasios donde la gente realizan actividades físicas, especialmente en máquinas estáticas cardiovasculares, como lo es la bicicleta estática. En este esfuerzo físico se desperdicia energía valiosa con la cual se podría hacer algo más que quemar grasa, algunas de estos aparatos muestran cuanta potencia está generando la persona al estar realizando un respectivo ejercicio, si esta potencia se transforma

---

<sup>7</sup> MARIN, Guzmán, Ana Pilar. CARRANZA Edwards, Arturo. Daño ambiental por minado de arenas de playa. Octubre 2010. XX Congreso Nacional de Geoquímica en Temixco, Morelos. [on line].

<sup>8</sup> DE JUANA, José María. GARCIA, Adolfo de Francisco. Energías renovables para el desarrollo. Editorial Thomson. 2007. 336 páginas. [on line].

<sup>9</sup> DOMINGUEZ Morales, Raul. Maquinas generadores de energía eléctrica “alternadores”. Universidad autónoma metropolitana. Diciembre 2005 [on line].

<sup>10</sup> ARBOLEDA Naranjo, Luis Hernando. Beneficios del ejercicio. Docente Departamento de Acción Física Humana, Facultad de Ciencias para la Salud, Universidad de Caldas. Disponible [on line].



en energía eléctrica se podría recargar dispositivos portátiles con solo hacer ejercicio por un tiempo determinado<sup>11</sup>.

Con esto se podría aportar no solo salud, sino también ahorro de energía eléctrica, lo cual disminuiría los costos en la cuenta de energía, además de que se contribuiría con el medio ambiente, por estar generando energía renovable y limpia, utilizada en el mismo momento de su generación<sup>12</sup>.

De acuerdo a estudios fisiológicos, físicos y motrices, los primeros 40 minutos de ejercicio que realiza una persona del común, solo sirven para quemar un bajo porcentaje de calorías que establezcan un flujo sanguíneo adecuado para empezar a liberar grasas. Esto conlleva a que el 60 o 70% del ejercicio cardiovascular que realiza un cuerpo a la hora de hacer ejercicio es desperdiciado si se analiza desde el punto de los resultados, ya que no genera mayor cambio en la fisionomía corporal<sup>13</sup>.

Si 40 minutos de ejercicio en una bicicleta son desaprovechados, cuantas revoluciones por minuto se pueden generar para convertir este espacio de tiempo en una inversión que le de vida a una fuente de energía tan natural como un dínamo capaz de proporcionar la energía para cargar un pc, un teléfono móvil o quizá encender luminarias de baja potencia. Es posible utilizar el empeño de todos los cuerpos para garantizar un medio ambiente más sano a partir del cuidado personal.

El valor agregado del aprovechamiento del esfuerzo físico en la generación de energía, es la inversión como tal, en salud y economía. Si en una casa de familia, habitan 4 personas, un padre, una madre y se suponen dos hijos; Al comenzar el proyecto familiar, existe la probabilidad mínima de que uno de los padres posea un equipo móvil de comunicación, ya sea un celular o un reproductor musical simple que haga parte de su rutina diaria; algunos de los juguetes que durante la niñez pueden comprar a sus hijos suelen usar baterías, las cuales en su totalidad pueden recargarse, si así lo desea la persona que las adquiera, mientras pasan los años, la necesidad de las tendencias, la moda o el simple hecho de comunicarse, exige a los hijos el deber tener un equipo móvil que los acompañe, caso común un celular, un iPod, o un simple juego de video que entretenga sus tiempos de ocio.

---

<sup>11</sup> OSORIO, Arturo. Generador eléctrico accionado por fuerza humana: una nueva alternativa de generación de energía. Academia de ingeniería mecánica eléctrica. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 01 de marzo de 2007. [on line].

<sup>12</sup> MATINEZ, Yaisa. Utilizan las rodillas para generar electricidad. Lunes 11 de febrero de 2008. [Consulta: septiembre 29 de 2011]. [on line].

<sup>13</sup> BARRIOS Duarte, René. BORGES Mojamer, Rolando. CARDOSO, Laura del Carmen. Beneficios percibidos por adultos mayores incorporados al ejercicio. Revista cubana de medicina general integral. Cuba, Ciudad de La Habana mar.-abr. 2003. [on line].

Si se analiza con detalle en la vivienda a través de la evolución de su crecimiento, ha tenido la necesidad de usar equipos portátiles que le hacen una vida, mas comunicada, más divertida, y más costosa, ya que muchos de estos aparatos se convierten en males necesarios que hacen parte de un gran porcentaje de gastos que pueden ser invertidos en otra cosa, más necesaria para la vivienda o para la misma salud. Entonces si cada uno de estos elementos necesarios o no para la población, necesitan fuera de su valor de compra un gasto en energía eléctrica que les permita su funcionamiento, ¿por qué no tener un sistema capaz de generar la energía suficiente para abastecerlos?, Surge la idea necesaria de hacer energía en la casa, en el gimnasio, o en un parque con una simple bicicleta, un sistema recolector de energía, capaz de generar la suficiente potencia, para economizar los 3.87W consumidos cada hora por un celular<sup>14</sup>.

Abordando el ejemplo anterior en la vivienda habría aproximadamente 3 cargadores para celular, un cargador para un juego de video, y un cargador para algún reproductor de música que exista en la vivienda, en total si se supone que cada aparato consume la misma potencia, se tendría un total de 19.35 Watt, consumido prácticamente a diario, sin tener en cuenta que un equipo de juego de video consume un aproximado 19.38% más de la energía consumida por hora que otros equipos mencionados<sup>15</sup>. Luego se puede concluir que en un mes el consumo de potencia que se ahorraría fuera de 35.1 KWatt. El KWH tiene un valor en el mercado actual de \$339.91<sup>16</sup>, sin cobro de IVA según el Ministerio de Minas y Energía, para estratos 1,2 y 3; y con un valor de \$394.2956 para estratos 4,5, y 6 no subsidiados<sup>17</sup>, lo cual en la mayoría de las viviendas que se tiene la condición del ejemplo anterior estaría generando un ahorro total de dinero que oscila entre \$6,577.2585 y \$7,629.61986, al mes; que al año genera un promedio de \$85,241.27017, obviando que en una vivienda los cargadores quedan conectados después de realizar la recarga y son muy pocos los video juegos que se desconectan cuando se dejan de usar.

La bicicleta generadora de energía es capaz de producir la potencia suficiente para suplir esta necesidad, o este derroche de energía que la gente piensa que realmente no cuesta; la bicicleta estática en el mercado para realizar spinning tiene un valor entre los \$350,000 y los \$700,000<sup>18</sup>, y una bicicleta común, puede oscilar entre los \$100,000 y \$1,500,000<sup>19</sup>; el acople del sistema puede salir en un valor aproximado de \$300,000 y bajo una alta demanda se puede convertir en un valor agregado para las personas que gustan de hacer ejercicio, luego la inversión individual generaría un gasto de \$400,000 los cuales en 3 años perfectamente

---

<sup>14</sup> Nokia Inc. 102 Corporate Park Drive, White Plains, NY 10604 USA. Attention: Legal Director, North America.

<sup>15</sup> © 2005 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos. [www.xbox.com/support](http://www.xbox.com/support)

<sup>16</sup> Referente de pago: 251353946-40. EPM. Julio de 2011

<sup>17</sup> La Biblioteca Luis Ángel Arango del Banco de la República es la responsable del desarrollo y mantenimiento de [www.banrepcultural.org](http://www.banrepcultural.org)

<sup>18</sup> Pagina Web: Falabella de Colombia S.A. | Todos los derechos reservados // ©Centros Comerciales Carrefour. Carrefour [OnLine].

<sup>19</sup> © 2011 éxito®, marca registrada de Grupo Éxito S.A. Todos los derechos reservados. Éxito.com

pueden ser subsanados, teniendo en cuenta que tres años de ejercicio, de 1 hora diaria montado en una bicicleta, reduce la tendencia a la vejez, ayuda a mantener activo el sistema inmunológico, da energía y esta a su vez en el cuerpo humano, produce una sensación de placer, que evita el estrés y cualquier tipo enfermedad mental<sup>20</sup>.

### 1.3 OBJETIVOS

**1.3.1 Objetivo General.** Diseñar un prototipo electromecánico que aproveche los movimientos de las extremidades inferiores humanas para la recarga de teléfonos celulares.

#### 1.3.2 Objetivos específicos.

- Establecer los criterios necesarios y las variables críticas para el diseño del prototipo electromecánico.
- Discriminar las características particulares del alternador de acuerdo a la potencia producida por la bicicleta teniendo en cuenta factores fisiológicos como la fuerza humana y el rendimiento físico.
- Diseñar el sistema electromecánico que garantice la producción de energía eléctrica necesaria para la recarga de equipos celulares.
- Validar el prototipo diseñado.

### 1.4 DISEÑO METODOLÓGICO

**1.4.1 Enfoque.** Cuantitativo, ya que busca la implementación y el mejoramiento de un sistema utilizado en el tiempo, para transporte y el ejercicio físico, integrándolo a un sistema que recargue dispositivos celulares, desarrollándolo para un uso más completo; ayudando al mejoramiento del medio ambiente por medio del desarrollo de energías limpias y al ahorro de la energía en establecimientos o en el hogar.

**1.4.2 Tipo de proyecto.** Proyecto de desarrollo tecnológico; se desea desarrollar un modelo de generación de energía capaz de suplir una necesidad básica por medio del ejercicio físico humano, sobre una bicicleta acondicionada con un

---

<sup>20</sup> Psicólogo Ronald Ramírez. Las personas que practican deporte se fatigan menos en el trabajo. Artículo de Internet: <http://www.deportesalud.com>

dispositivo electromecánico permitiendo la recarga de celulares y contribución al cuidado del medio ambiente.

### **1.4.3 Etapas**

#### **1.4.3.1 Etapa de Indagación**

- Documentación: En este caso se requiere de la recopilación de información y un conjunto de parámetros que garanticen el objetivo final del proyecto, se buscarán por medio de la investigación los datos necesarios para determinar teóricamente la bicicleta que se utilizara, de esta manera conocer las leyes que rigen las condiciones para el diseño del sistema, la capacidad humana para desarrollar la potencia necesaria para la recarga de celulares, el tipo de alternador requerido, el tipo de diseño electromecánico que supla la necesidad general y permita la particularización del prototipo.
- Experimentación: Durante este proceso se pondrá a prueba los conceptos básicos ubicados en la etapa de Documentación, de esta forma se lleva a cabo la simulación de prototipos de sistemas electromecánicos por medio de dinamos simples, teniendo en cuenta que no se busca implementar sino llevar a cabo un diseño general que permita encontrar el modelo más adecuado para la conceptualización del sistema. Se busca por medio de diseños electrónicos la forma de almacenar energía eléctrica, de una manera económica y perdurable, de tal forma que no se venza en el tiempo, y que no se vuelva obsoleto.

#### **1.4.3.2 Etapa de Diseño**

- Esquemmatización: Se realizara de acuerdo a los resultados obtenidos en la etapa anterior los diseños necesarios en la elaboración del proyecto, se buscara de manera particular un esquema electromecánico que garantice salud, seguridad y energía necesaria para la recarga de celulares, sin tener que utilizar energía externa que alimente los circuitos que hacen parte del sistema, de esa forma garantizando una energía totalmente natural, limpia y sin sobrecostos.
- De acuerdo a los datos recopilados en la etapa de Documentación y los resultados arrojados en la etapa de Experimentación, se diseñara los circuitos electrónicos y los acoples de seguridad que garantice el perfecto funcionamiento del modelo.

- **Evaluación:** En la etapa final se buscara, la manera de representar los diseños obtenidos en el proceso anterior, por medio de la simulación de los circuitos, y el resultado de los objetivos hasta aquí cumplidos por medio de la sustentación, de esta forma se podrá visualizar un prototipo listo para implementarse, con objetividad, con tecnología y muy asequible para proyectar a mercado. Esta es pues la etapa que refleja las conclusiones de todo el trabajo, donde se quiere sustentar, y evaluar el trabajo realizado, por medio de las evaluaciones requeridas por el área de investigación, y donde se le busca un perfil diferente al proyecto, ya sea en el mercado, o en la misma universidad, y es aquí donde finaliza el modelo que se busca, y donde comienza de acuerdo a los objetivos, las ganancias del proyecto.

**1.4.4 Técnicas.** Se recopilará la información por medio de la consulta, a través de internet, se recogerá datos en gimnasios, correspondientes a encuestas donde se evalúe la cantidad de calorías quemadas en un tiempo determinado, la potencia realizada en el ejercicio de la bicicleta; en hojas de Microsoft Excel se recogerán los datos y se realizara un ponderado que permita llegar desarrollar los elementos siguientes, que en este caso serán; el diseño del sistema electromecánico, el cual se desarrollara por medio de la experimentación, analizando de acuerdo a las formas de bicicleta y al tamaño de los elementos a utilizar, para así encontrar el diseño más exacto.

Por medio de formulación y los cálculos matemáticos de acuerdo a las leyes de Faraday, se realizara el diseño del alternador, el cual se mostrara su elaboración por medio de un sistema visual, elaborado con Google Sketchup, al igual que el diseño del sistema electromecánico. Los diseños de los circuitos electrónicos se realizaran inicialmente a mano alzada, de acuerdo a los cálculos y se proseguirá a evaluarlos en Proteus; al finalizar se realizara en AutoCad 3D, la esquematización de cada uno de los planos para presentarlos en la sustentación, y un brochure a través de Microsoft Publisher con la muestra visual y publicitaria de todo lo realizado.

**1.4.5 Impacto y resultados esperados.** En el intento por salvar la vida se han desarrollado tecnologías que pretenden generar energías que ayuden al mejoramiento del medio ambiente, las centrales hidroeléctricas son una gran ayuda porque no tienen emisiones, pero tiene sus efectos secundarios: destruir ecosistemas creados por el paso de millones de años, también se han creado carros híbridos capacitados en la disminución de gases de invernadero, pero que siguen utilizando combustible. Las energías más limpias que se pueden obtener

en el momento son las eólicas, las térmicas y otros tipos que apenas están empezando a surgir y hay poco conocimiento de ellas<sup>21</sup>.

Informa los principales diarios que para el 2020 el petróleo se reducirá en un 75% y que la probabilidad de usarlo para entonces será prohibida; y entonces la tecnología donde quedará, los desarrollos a través de los hidrocarburos pasaran a ser de daño ambiental, lo son en el momento pero es el único medio de fácil adquisición y de fácil manejo, ya que no produce daños genéticos y solo afecta por combustión y aunque no está comprobado científicamente se dice que afecta la morfología terrestre<sup>22</sup>.

Se busca una forma de generar energía, que sea capaz de suplir cualquier ahorro por más mínimo que sea en la adquisición de energía por cualquiera de los medios actuales; una represa nunca descansa y esto hace que aunque de pronto no se quiera el ecosistema se debilite y generen la muerte de especies que tiene un hábitat en estas zonas. La velocidad del viento es capaz de generar electricidad y es la manera más limpia de producir energía, pero los informes de salubridad y zoología informan que en los principales parques eólicos del mundo a diario mueren especies de aves que no pueden controlar las corrientes de viento producidas por la inercia que generan las turbinas estacionarias.

Sin hacer daño a nadie, Hippolyte Pixii, creó una forma de obtener energía por medio del dínamo de Faraday, operando con un medio móvil generando movimiento con una manivela, y de esta forma producía que una lámpara encendiera, entonces se dio paso a lo que hoy se conoce como el alternador una idea de Zénobe Gramme, con la cual se puede inducir energía por medio mecánico sin tener sobre picos a una manera uniforme capaz de sostenerse en el tiempo y de perdurar si es utilizada.

Se busca por medio del ejercicio físico realizado en una bicicleta estática generar la manera de recoger energía que sea capaz en primera instancia de cargar un banco pequeño de baterías que a su vez puedan cargar equipos celulares con una corriente tolerable y que puedan almacenarse sin inconveniente.

De igual manera el propósito del trabajo es generar fuentes de energía capaces de cargar equipos celulares, y que se genere un valor agregado para todos aquellos que les gusta mantenerse en forma ya que pueden tener su propia planta DC capaz de cargar sus equipos y ahorrar un poco de la energía que a diario consumen.

---

<sup>21</sup>Energías Renovables. Revista en línea. <http://erenovable.com/energias-limpias/>[Consulta: 20 de Febrero de 2012].[On line].

<sup>22</sup> Portafolio.com. Revista en línea. <http://www.portafolio.co/economia/el-petroleo-se-va-encarecer-constantemente-el-2020>. [Consulta: 20 de Febrero de 2012].[On line].

Finalmente se elaborará un Brochure que contiene la evaluación de cada una de las etapas, por medio del desarrollo de las actividades, de acuerdo con el cronograma establecido. Dentro de la propuesta no solo se busca un medio publicitario como renglón de evaluación, sino como el punto que catapulte una futura investigación y posible implementación más avanzada que la conclusión que en este momento se busca.

El prototipo será puesto a muestra con cada uno de sus componentes, los resultados esperados para cada una de las actividades, por medio de medidas exactas en el sistema electromecánico, teniendo en cuenta los métodos de prueba, con imágenes que permitan visualizar el bosquejo general. Utilizara cálculos que permitan llegar al funcionamiento donde se podrá entregar cada uno de los planos como si estuviesen funcionando realmente y de esta forma mostrar con el documento la historia de este proceso.

**1.4.6 Compromiso y estrategias de comunicación.** Se quiere contribuir al medio ambiente, las principales fuentes de energía generan contaminación de alguna u otra manera, el ejercicio físico ofrece salud y a la vez puede generar ahorro de energía y por eso surge la siguiente idea: “Las primeras 200 calorías invertidas en el ejercicio preparan tu corazón, tu buena salud y cuidan tu bolsillo, ahora energía”.

Todos los seres humanos necesitan ejercitar su cuerpo por salud, y ahora por economía y protección de ambiente, generar campañas que apoyen el ejercicio en bicicleta pueden ser un mercado productivo para la inversión en equipos capaces de almacenar energía para una contingencia o simplemente para recargar móviles y baterías. Se dice que dejar un cargador de celular conectado a la toma de corriente AC, luego de desconectar el móvil puede generar la energía suficiente para iluminar 40.000 viviendas, hasta ahora no se puede hallar el punto de comparación, ya que la corriente DC se pierde en el tiempo y no es posible mantenerla a grandes distancias ya que no posee frecuencia y se ve limitada por los cables que la conducen, pero ¿y si se logra recolectar?, esa es la gran pregunta y quizá no se pueda iluminar toda esta cantidad de viviendas pero se podría llevar energía portable al campo y brindar a los más necesitados la oportunidad de tener su propia energía en valor agregado a su buena salud.

## 1.5 PRESUPUESTO

### 1.5.1 Presupuesto global.

Tabla 1. Descripción presupuesto global

PRESUPUESTO GLOBAL DEL trabajo de grado						
RUBROS	FUENTES			TOTAL		
	Estudiante	Institución - IUE	Externa			
Personal	\$10'000.000	\$800.000	\$0.00	\$10'800.000		
Material y suministro	\$200.000	\$0.00	\$0.00	\$200.000		
Salidas de campo	\$160.000	\$0.00	\$0.00	\$160.000		
Bibliografía	\$30.000	\$0.00	\$0.00	\$30.000		
Equipos	\$1'800.000	\$0.00	\$0.00	\$1'800.000		
<b>TOTAL</b>				<b>\$12'990.000</b>		
DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS DE PERSONAL						
Nombre del Investigador	Función en el proyecto	Dedicación h/semana	Costo			Total
			Estudiante	Institución - IUE	Externa	
Anderson Alexis Benjumea Londoño	Desarrollador	18	\$20.000	\$0.00	\$0.00	\$5'760.000
Luis Felipe Bustamante Narváez	Desarrollador	18	\$20.000	\$0.00	\$0.00	\$5'760.000
Andrés Jair Giraldo Rueda	Desarrollador	18	\$20.000	\$0.00	\$0.00	\$5'760.000
Juan Evangelista Gómez Rendón	Asesor	32	\$0.00	\$30.000	\$0.00	\$960.000
<b>TOTAL</b>		<b>90</b>	<b>\$60.000</b>	<b>\$30.000</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$18'240.000</b>
DESCRIPCIÓN DE MATERIAL Y SUMINISTRO						
Descripción de tipo de Material y/o			Costo		Total	



suministro	Estudiante	Institución - IUE	Externa	
Papelería	\$150.000	\$0.00	\$0.00	\$150.000
Tinta	\$75.000	\$0.00	\$0.00	\$75.000
TOTAL	\$180.000	\$0.00	\$0.00	\$225.000

**DESCRIPCIÓN DE SALIDAS DE CAMPO**

Descripción de las salidas	Costo			Total
	Estudiante	Institución - IUE	Externa	
Visitas a empresas	\$160.000	\$0.00	\$0.00	\$160.000
TOTAL	\$160.000	\$0.00	\$0.00	\$160.000

**DESCRIPCIÓN DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO**

Descripción de compra de material bibliográfico	Costo			Total
	Estudiante	Institución - IUE	Externa	
-----	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
TOTAL	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00

**DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS**

Descripción de compra de equipos	Costo			Total
	Estudiante	Institución - IUE	Externa	
Computador portátil	\$1'800.000	\$0.00	\$0.00	\$1'800.000
Calculadora Texas Voyage 200	\$500.000	\$0.00	\$0.00	\$500.000
TOTAL	\$2'300.000	\$0.00	\$0.00	\$2'300.000

**DESCRIPCIÓN DE OTROS GASTOS FINANCIADOS**

Descripción de otros gastos	Costo			Total
	Estudiante	Institución - IUE	Externa	
-----	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
TOTAL	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00

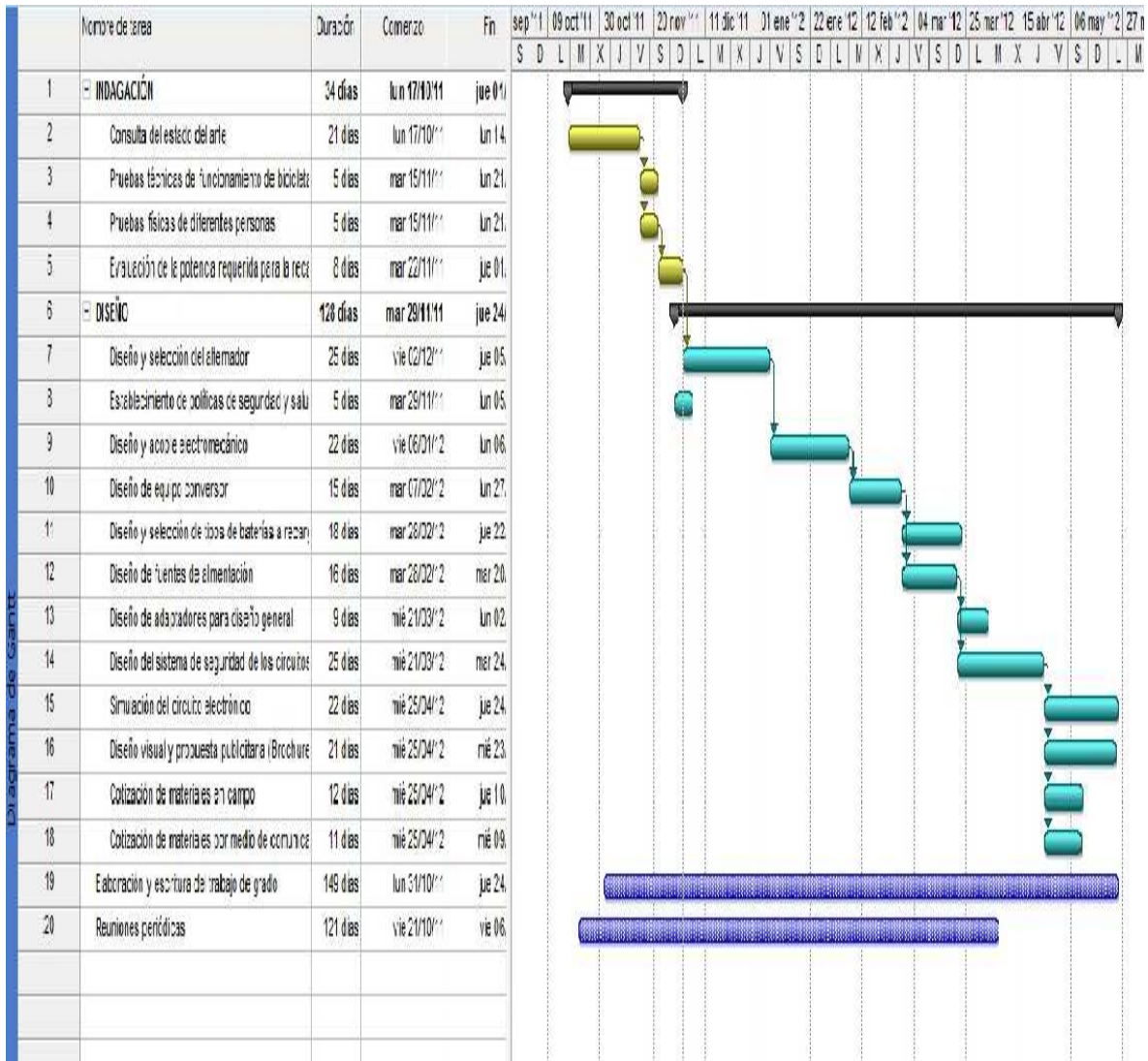
**1.5.2 Detalle gasto.** Se realizó una visita al velódromo de la unidad deportiva Atanasio Girardot, para hacer averiguaciones técnicas acerca de las bicicletas; en la búsqueda de gente que supiera acerca de esto, se tuvo la oportunidad de conocer al ciclista y profesor de carreras rápidas, Efraín Domínguez, quien ayudo con especificaciones, partes y ciencia acerca de las bicicletas; se estudio el velódromo como pista de trabajo y los tipos de bicicletas que allí los corredores tenían, las velocidades de trabajo, las características principales de sus bicicletas, los dispositivos tecnológicos que ellos tenían para ayudarse en su trabajo y se recopiló la información necesaria para el posible desarrollo y utilización de la bicicleta como dispositivo generador de energía renovable. A continuación se presenta la tabla de gastos de la Visita 1 al Velódromo Martín Emilio “Cochise” Rodríguez:

Tabla 2. Descripción gasto visita

INTEGRANTES	PASAJES	ALIMENTOS	TIEMPO	EXPOSITOR	SITIO DE ENCUENTRO	DOCUMENTACION	COPIAS E IMPRESIONES	ASESORIAS	TOTAL
Anderson Alexis Benjumea Londoño	\$ 3.600	\$ 2.000	\$ 100.000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 66.66	\$ 0.00	\$ 105.600
Luis Felipe Bustamante	\$ 9.400	\$ 3.400	\$ 100.000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 66.66	\$ 0.00	\$ 112.800
Andres Jair Giraldo Rueda	\$ 9.400	\$ 2.000	\$ 100.000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 66.66	\$ 0.00	\$ 111.400
Juan Evangelista Gómez Rendón	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0
<b>TOTAL</b>	\$ 22.400	\$ 7.400	\$ 300.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	

## 1.6 CRONOGRAMA

Figura 1. Diagrama de Gantt. Cronograma de actividades.



## CAPÍTULO 2. GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE

### 2.1 ANTECEDENTES

Se realizó una búsqueda en pro de encontrar modelos a seguir, y proyectos de investigación con características similares al que se realizó. Al encontrar los elementos necesarios para dar cuenta de estos antecedentes se redactó de tal manera que no se perdiera la originalidad de las fuentes y se pudieran incluir de una forma no textual en el documento.

**2.1.1 Generador eléctrico accionado por fuerza humana.**<sup>23</sup> Con este trabajo se pretende dar una visión general sobre la generación de energía eléctrica que puede hacerse con el desgaste físico que se hace al ejercitar el cuerpo. Se presenta también la propuesta de un proyecto integral de ahorro de energía denominado “Da luz a tu parque y salud a tu cuerpo” gracias al cual se tratará de incentivar a los fabricantes de aparatos de gimnasios para que apoyen el desarrollo de proyectos que lleven al aprovechamiento de esta energía.

Actualmente los avances tecnológicos han hecho que la vida del hombre sea más cómoda y menos desgastante físicamente, por lo que para mantener un cuerpo sano se han buscado nuevas formas. Una de ellas es a través del ejercicio, sea en casa o en gimnasios.

Cada uno de los aparatos presentes en un gimnasio puede considerarse como una fuente de energía. La bicicleta fija por ejemplo fortalece piernas, muslos, brazos y abdomen.

Para el caso que se presenta en este trabajo se usó una bicicleta fija a la cual se le adaptó un alternador conectado a un acumulador de automóvil obteniéndose resultados satisfactorios que sirvieron de base para presentar un proyecto de beneficio comunitario en una localidad del estado de Tabasco.

**2.1.2 Generador eléctrico hidráulico.**<sup>24</sup> La presente invención se refiere a un sistema generador de electricidad a partir del movimiento del agua que pasa, bien por un solo canal o bien a través de la orilla con el uso de un canal al efecto, con un sistema de compuertas que ampliaría el caudal y por lo tanto la fuerza del agua que pasa a través del molino del sistema generador hidráulico.

---

<sup>23</sup>OSORIO, Arturo. Generador eléctrico accionado por fuerza humana: una nueva alternativa de generación de energía. Academia de ingeniería mecánica eléctrica. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 01 de marzo de 2007. [on line].

<sup>24</sup>JIMENEZ, Juan Manuel. Generador eléctrico hidráulico, [en línea]. [Consulta: 18 de octubre de 2011]. [on line].

Existe una novedad en la presente invención que consiste en las siguientes descripciones técnicas:

- Aprovechar al máximo la fuerza de arrastre del agua para mover los molinos.
- Haciendo canales para el paso del agua, se consigue conducir el agua hasta las aspas del molino para ejercer la fuerza motriz.
- Los generadores eléctricos se situarían fuera del nivel del agua, y en la parte externa.

**2.1.3 Utilizan las rodillas para generar electricidad.**<sup>25</sup> Un equipo de científicos e ingenieros norteamericanos ha desarrollado un dispositivo que permite convertir en electricidad la energía generada por el movimiento de las rodillas, de la misma forma que los coches híbridos (que son los que se sirven de dos motores, uno de combustión interna y otro eléctrico) recuperan la energía eléctrica al tiempo que frenan. Las pruebas han demostrado que con este sistema se pueden producir cinco vatios de electricidad equipando las dos rodillas de una misma persona.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

**2.2.1 Conversión de energía electromecánica.**<sup>26</sup> La idea de convertir la energía mecánica a energía eléctrica fue predicha por Michael Faraday en 1831, iniciando así, el desarrollo del generador y motores eléctricos, el micrófono, el alta voz, entre otros.

La conversión electromecánica de la energía, relaciona las fuerzas eléctricas y magnéticas del átomo, con las fuerzas mecánicas de la materia y su movimiento. Como resultado de esto la energía mecánica puede convertirse en energía eléctrica y viceversa, la energía eléctrica en energía mecánica. Aquí es donde resulta el alternador, y comienza el proceso de transformación de la energía, donde se amplifica para poder distribuirla a largas distancias, llega a subestaciones y se comienza a reducir para su utilización en los trabajos y hogares, y también, volviendo a transformar esta energía eléctrica a mecánica por medio de motores, o a energía calorífica por medio de resistencias o a energía luminosa por medio de focos o lámparas.

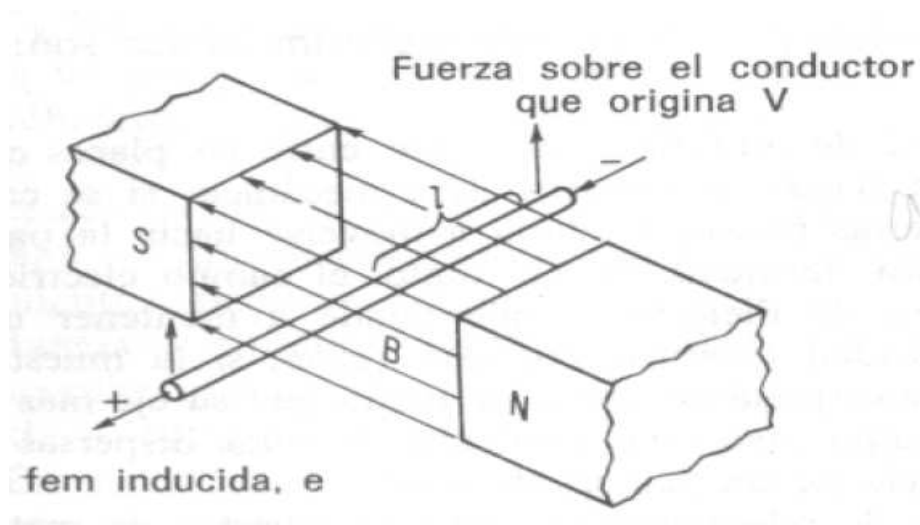
---

<sup>25</sup>MATINEZ, Yaisa. Utilizan las rodillas para generar electricidad. Lunes 11 de febrero de 2008. [Consulta: septiembre 29 de 2011]. [on line].

<sup>26</sup>KOSOW, Irving L. Máquinas Eléctricas Y Transformadores, Segunda Edición. Editorial: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México: 1993. 707 P.

**2.2.2 Ley de Faraday de la inducción electromagnética.**<sup>27</sup> La contribución de Faraday en 1831 fue la generación de una tensión por medio del movimiento entre un conductor eléctrico y un campo magnético, denominado tensión “inducida”, debido a que solo existe si y solo si hay un movimiento entre el campo y el conductor, sin tener un contacto físico directo. Este fenómeno se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Gráfico explicativo de la ley de Faraday.



El enunciado de la ley de Faraday es el siguiente: “el valor de la tensión inducida en una sola espira de hilo es proporcional a la velocidad de variación de las líneas de fuerza que la atraviesan (o concatenan con ella)”.

En 1845 se demostró cuantitativamente lo expresado por Faraday, con la Ecuación 1.

$$E_{\text{med}} = \frac{\phi}{t} \times 10^{-8}V \quad (1)$$

En donde la magnitud de la fuerza electromotriz inducida ( $f_{em}$ ) es directamente proporcional a la velocidad de variación de flujo.

De acuerdo a las siguientes condiciones:

- $E_{\text{med}}$  Es la tensión media generada en una sola espira (Voltios/Espira)

<sup>27</sup>KOSOW, Irving L. Máquinas Eléctricas Y Transformadores, Segunda Edición. Editorial: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México: 1993. 707 P.

- $\emptyset$  Es el número de maxwells o líneas de fuerza magnética concatenadas con la espira durante el tiempo.
- $t$  Es el tiempo en segundos en que son <<concatenadas>> $\emptyset$  líneas.
- $10^{-8}$  Es el número de líneas que una sola espira debe concatenar cada segundo a fin de inducir una tensión de 1 voltio.

De lo anterior se evidencia que el aumento o la disminución de la tensión inducida depende al aumentarse el campo magnético o reduciéndose el tiempo de variación en la concatenación de flujo.

**2.2.3 Factores que afectan la magnitud de la  $f_{em}$  inducida.**<sup>28</sup> Es de saberse que la anterior ecuación...Ecuación 1... solo es cierta cuando las condiciones anteriores se cumplen. En las maquinas eléctricas rotativas este fenómeno es diferente, debido a la variación de concatenación de flujo, ya que no está bien definida o no es fácil de medir. Por esto, es más fácil interpretarla por medio de la variación en relación con la densidad de flujo media y la velocidad relativa entre el campo y un conductor, este conductor teniendo una longitud  $l$ , como se ve en la Ecuación 2.

$$e = Blv10^{-8}V \quad (2)$$

En la que  $B$  es la densidad de flujo en gauss (líneas/cm<sup>2</sup>) o en líneas/pulg<sup>2</sup>,  $l$  es la longitud de la parte activa del conductor que concatena el flujo en centímetros o en pulgadas,  $v$  es la velocidad relativa entre el conductor y el campo en cm/s ó pulg/s.

En unidades inglesas puede expresarse:

$$e = \frac{1}{5}Blv10^{-8}V \quad (3)$$

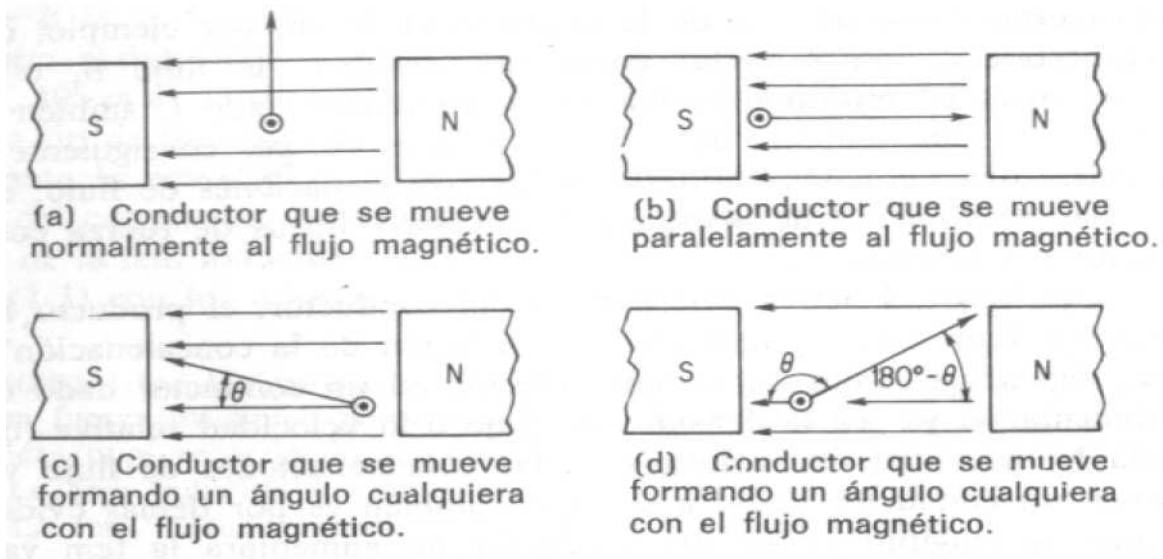
En la que  $B$  es la densidad de flujo en líneas/pulg<sup>2</sup>,  $l$  es la longitud en pulgadas de la parte activa del conductor que concatena el flujo,  $v$  es la velocidad en pies/min,  $10^{-8}$  es el número de líneas que un solo conductor debe concatenar cada segundo a fin de inducir una tensión de 1 voltio.

---

<sup>28</sup>KOSOW, Irving L. Máquinas Eléctricas Y Transformadores, Segunda Edición. Editorial: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México: 1993. 707 P.

No siempre el conductor se va a mover paralelamente al campo magnético, entonces así cambia la intensidad de la carga inducida, esto se puede ver en la Figura 3.

Figura 3. Variaciones de la ley de Faraday.



Para la  $f_{em}$  de un conductor cualquiera moviéndose en una dirección cualquiera con respecto al campo de referencia, existe la Ecuación 4

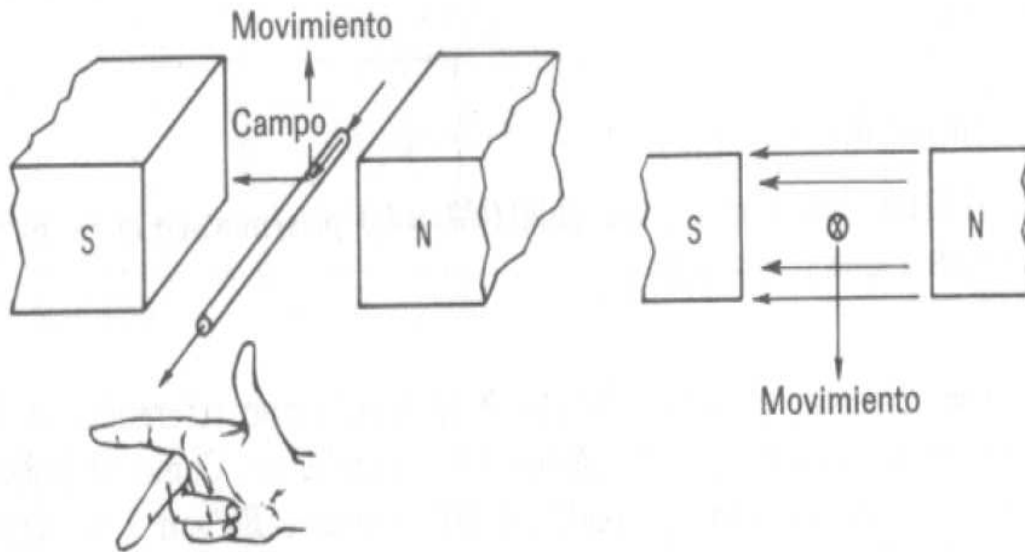
$$e = \frac{1}{5} [Blv \sin(B, v)] 10^{-8} \text{ o } \frac{1}{5} [Blv \sin(\theta)] 10^{-8} \text{ V} \quad (4)$$

**2.2.4 Sentido de la tensión inducida, regla de Fleming.**<sup>29</sup> La relación entre los sentidos de la  $f_{em}$  inducida, el campo magnético y el movimiento del conductor, se representa mediante la nemotecnia de Fleming, que se representa en la Figura 4, o regla de la mano derecha.

<sup>29</sup>KOSOW, Irving L. Máquinas Eléctricas Y Transformadores, Segunda Edición. Editorial: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México: 1993. 707 P.



Figura 4. Explicación de la regla de la mano derecha o regla de Fleming.



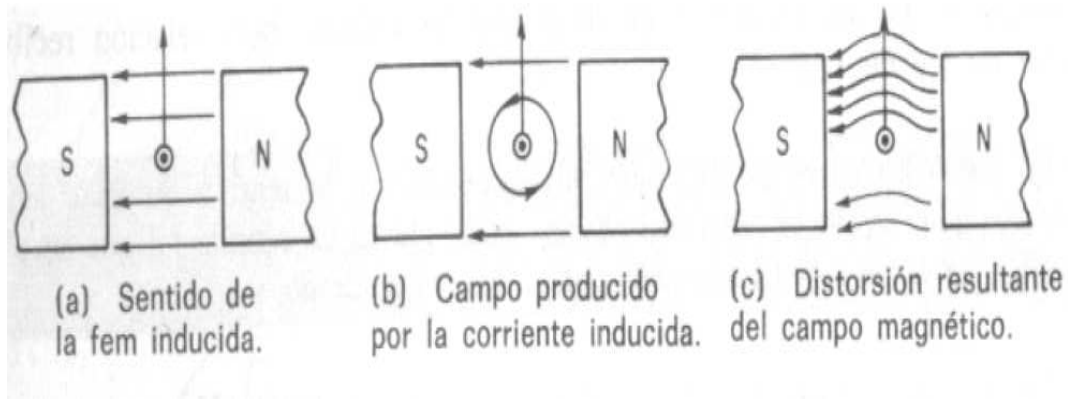
Esta regla pretende que el campo sea fijo y el conductor en una dirección con respecto al campo fijo o de referencia, ya que, la tensión inducida depende del movimiento entre el conductor y el campo, puede aplicarse en el caso de un conductor fijo y un campo móvil, pero moviendo el conductor en sentido opuesto.

**2.2.5 Ley de Lenz.**<sup>30</sup> Debe saberse que el movimiento de un conductor en un campo magnético requiere de un gasto en energía mecánica de acuerdo con el principio de conservación de la energía. La tensión inducida y la corriente y la que corriente que corre por el conductor tienen una relación con el cambio en la concatenación de flujo que las induce, a esta relación se le llama ley de Lenz, la cual enuncia:

“En todos los casos de inducción electromagnética, la tensión inducida tendera a hacer circular en un circuito cerrado una corriente en un sentido tal que su efecto magnético se oponga a la variación que la ha generado”, en la Figura 4 se ilustra la ley de Lenz.

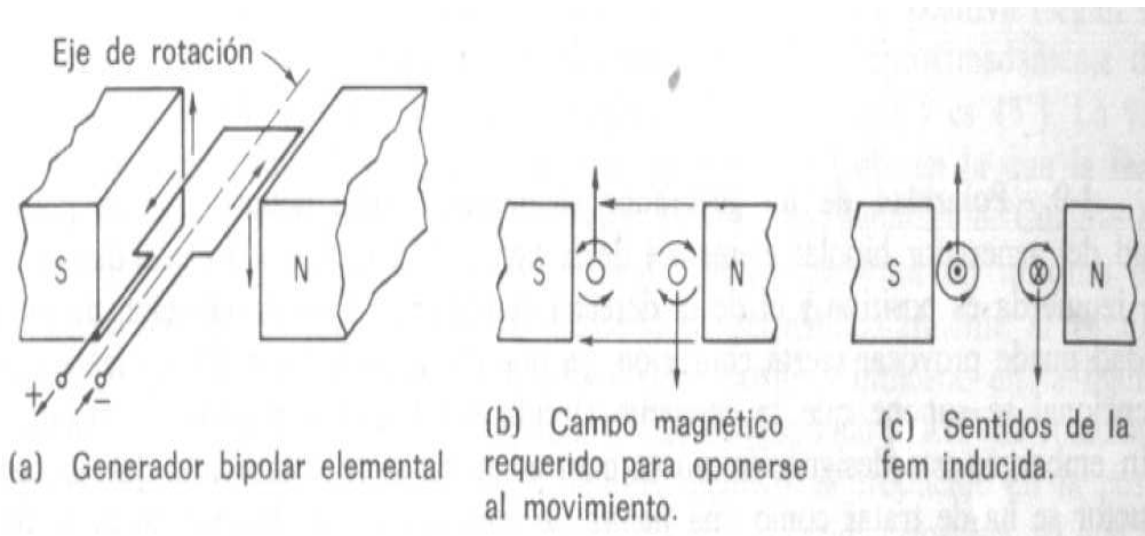
<sup>30</sup>KOSOW, Irving L. Máquinas Eléctricas Y Transformadores, Segunda Edición. Editorial: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México: 1993. 707 P.

Figura 5. Ilustración de la ley de Lenz



**2.2.6 Generadores elementales.**<sup>31</sup> Las maquinas motrices prácticas poseen un movimiento rotacional, lo cual demuestra que los generadores explicados en los apartados anteriores no son prácticos, solo son para la explicación de las leyes básicas de inducción; por consiguiente, los generadores comerciales, tienen unos conductores que giran alrededor de un eje central, por esto las ecuaciones para la fuerza electromotriz, está representada en la Ecuación 2, en la Figura 6 se explica el funcionamiento básico de un generador.

Figura 6. Generador básico



<sup>31</sup>KOSOW, Irving L. Máquinas Eléctricas Y Transformadores, Segunda Edición. Editorial: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México: 1993. 707 P.

## 2.2.7 Fuentes conmutadas<sup>32</sup>

**2.2.7.1 Fuentes de poder de CD.** Estas fuentes de poder proveen aislamiento entre la entrada y la salida a través de un transformador de entrada, lo normal para estas fuentes es utilizar conversiones, de CD-CA y CA-CD. El aislamiento se consigue situando un trafo entre los dos pasos, y en el caso que la entrada de corriente alterna, se le suma el paso de CA-CD. Estas fuentes se subdividen en:

- Fuentes de poder en modo de conmutación.
- Fuentes de poder resonantes.
- Fuentes de poder bidireccionales.

Para el diseño, es necesario utilizar una fuente de poder en modo de conmutación, debido a que se necesita tener el aislamiento entre el generador y el circuito o la fuente la cual generara las salidas para recarga.

**2.2.7.2 Fuentes de poder DC en modo de conmutación.** En la fuente de conmutación la etapa de del inversor o conversión de CD-CA, posee varias configuraciones las cuales dependen de la necesidad del diseño, los requerimientos de voltaje y simplificación de los mismos, estas configuraciones son:

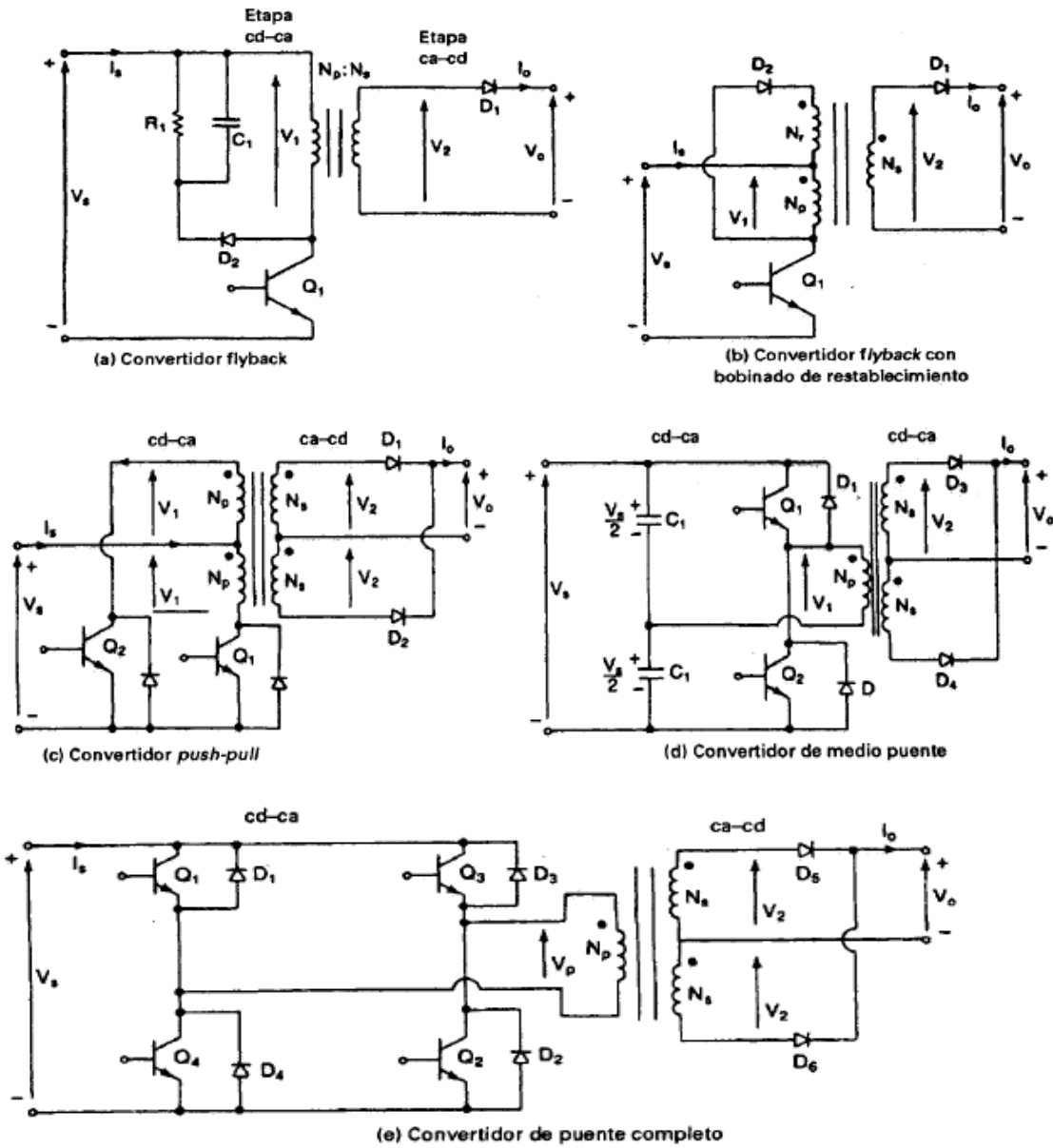
- Flyback
- Push-pull
- Medio puente
- Puente completo.

Las anteriores configuraciones se muestran en la Figura 7 donde se evidencian sus conexiones físicas...Ver detalles en el numeral 5.2...

---

<sup>32</sup>RASHID, Muhammad H. Electrónica De Potencia: Circuitos, Dispositivos Y Aplicaciones. Segunda edición. Editorial Prentice-Hall, Hispanoamericana S.A. México: 2001. 721 P.

Figura 7. Configuración para las fuentes conmutadas.



Para la topología de flyback el voltaje promedio a la salida es:

$$V_{oc} = V_s \left( 1 + \frac{N_p}{N_r} \right) \quad (5)$$

Donde  $N_p$  y  $N_r$  son el número de vueltas en los bobinados primario y de restablecimiento, respectivamente; y  $V_s$  es el voltaje de entrada.

Para la topología push-pull, el voltaje promedio esta dado por:

$$V_o = V_2 = \frac{N_p}{N_r} V_1 = aV_1 = aV_s \quad (6)$$

El voltaje promedio para lo topología de medio puente, esta dado por la Ecuación 7.

$$V_o = V_2 = \frac{N_s}{N_p} V_1 = aV_1 = 0.5aV_s \quad (7)$$

El voltaje promedio para la topología puente completo, es la siguiente:

$$V_o = V_2 = \frac{N_s}{N_p} V_1 = aV_1 = aV_s \quad (8)$$

## 2.3 MARCO CONCEPTUAL

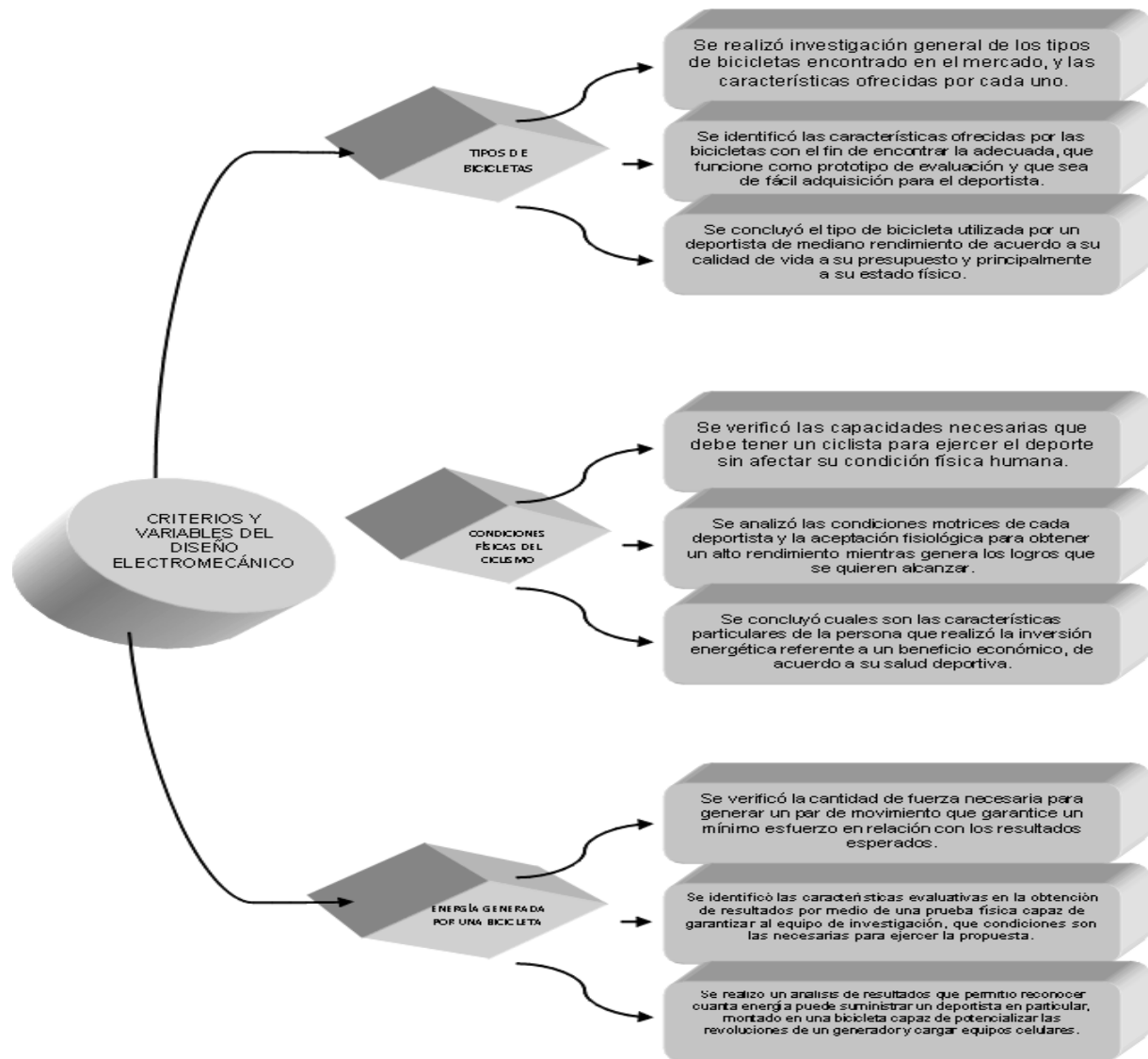
**2.3.1 Estructura de investigación.** El desarrollo del Diseño, se realizó de acuerdo al avance cognitivo alcanzado con cada una de las actividades propuestas dentro del cronograma. Para comenzar se realizó el estudio del estado del arte, donde se pudo verificar los avances del proyecto realizados por otros investigadores; y de esta manera poder cumplir con un derrotero y fijar metas a cumplir. Se presupuesta que de acuerdo al proceso de recopilación de la información se puede proceder con la demostración matemática de las características generales que debe cumplir el equipo de diseño electromecánico, para que pueda generar el resultado de producir altas revoluciones en el generador. De este modo se procedió a realizar pruebas físicas que demuestren y garanticen los datos teóricos de acuerdo a las condiciones físicas de cada deportista, y de los alcance de cada prueba.

Se realizó dos tipo de pruebas; una estacionaria y la otra en movimiento, donde se pueden asemejar los datos teóricos a una realidad físicamente verificable, con características de fricción y agentes externos que limiten el desarrollo deportivo y que permitan evaluar el diseño electromecánico en cualquier situación adversa. De acuerdo al resultado de las pruebas, se pudo alcanzar una conclusión final, donde se dio el paso siguiente, perteneciente al desarrollo del equipo generador

de energía, el cual se desarrolló en el segundo objetivo específico, donde ya se tienen todos los datos necesarios para diseñar una generador capaz de suplir las necesidades del objeto principal que en este caso es cargar equipos celulares y así poder garantizar que con cualquier tipo de bicicleta en piernas de cualquier deportista, pudo generar energía suficiente para cargar sus equipos celulares ya sea dentro del hogar, o en una salida de campo donde las condiciones sean críticas y no permitan hacer uso de la tecnología.

### 2.3.2 Proceso de diseño

Figura 8. Esquema del proceso de diseño.



## **2.4 MARCO LEGAL**<sup>33</sup>

Se realiza un estudio de la ley que rige la materia y promulga el acceso a energías alternativas propuesto en el primer capítulo de la Ley 142 de 1994 y acondicionado de acuerdo a la regulación de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) en las ponentes del congreso con el Decreto 2668 de 1999 y con la Resolución 287 de 2004.

De acuerdo con la legislación colombiana, cualquier medio de energía alternativa es de fácil acceso y puede ser cobrado por cualquier empresa privada o pública que desee suministrarla sin llegar a faltar a la regulación de políticas ambientales ni al consumo del incremento anual generado por el puntaje de la inflación.

Se analiza el contenido y se traen a contexto los siguientes renglones específicos de las sesiones ordinarias del Congreso de la República de Colombia, realizadas en las que se da garantía al cumplimiento de la ley.

**2.4.1 Capítulo I. Ley 142 de 1994.** Se tuvo en cuenta la intervención del Estado en los servicios públicos, de estamentos delegados y de instrumentos de intervención estatal para garantizar el buen uso de los servicios públicos domiciliarios.

Es competencia de la nación asegurar la realización de generación de energía e interconexión eléctrica y su comercialización, además de apoyar financiera, técnica y administrativamente a las empresas de servicios públicos o a los municipios que hayan asumido la prestación directa; dichos prestadores de servicios deben ser estrictamente vigilados por la superintendencias creadas para éstas empresas, propendiendo por la conservación, recuperación y protección de los recursos naturales o ambientales que sean utilizados en la generación, producción, transporte y disposición final de tales servicios.

**2.4.2 Resumen Resolución 287 de 2004.** La Constitución Política de Colombia indica que el Presidente de la República señala las políticas de administración y control de los servicios públicos por medio de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, además de la inspección, control y vigilancia de las entidades que presten éstos bienes.

Se deben tener en cuenta las características de cada región para la fijación de metas de eficiencia, cobertura, evaluación y definición de tarifas, garantizando la continuidad y eficiencia del servicio prestado.

---

<sup>33</sup> Diario Oficial N°41. 433. Año CXXX. Bogotá, D.C., 2004. Alcaldía Mayor de Bogotá.

Las personas o empresas que presten servicios públicos deben garantizar la calidad del servicio, luego de asegurar que los activos destinados para tal fin sean reparados o cambiados cuando sea necesario.

Se tuvo en cuenta que cada equipo debe tener un valor nominal, de histéresis y de vida útil determinado por ciertos rangos de valores que el Estado debe estandarizar y velar por su cumplimiento.

## **2.5 MARCO DEMOGRÁFICO**

Se dirige el trabajo deportivo a toda la población universitaria debido al fácil acceso a la misma, y al fácil control de las pruebas por medio de las instalaciones del municipio de Envigado. Se analizan deportistas con edades superiores a 12 años, de acuerdo a las capacidades fisiológicas y a las condiciones motrices, para obtener la energía requerida en la búsqueda de un prototipo de diseño.

Se genera publicidad a toda la comunidad envigadeña de manera inicial con la que se puede contar en diversos puntos de la ciudad y evaluar características generales, realizando propaganda del cuidado del medio ambiente y la forma de generar energía renovable y económicamente desarrollada...Ver numeral 3.3.7...



## CAPÍTULO 3. CRITERIOS Y VARIABLES DEL DISEÑO ELECTROMECAÁNICO

### 3.1 TIPOS DE BICICLETAS<sup>34</sup>

#### Clasificación general de las bicicletas

Las bicicletas están clasificadas tomando en cuenta su funcionalidad, esto dependiendo al deporte que se esté realizando con ella, es así como resultando los principales tipos de bicicletas:

- **Bicicleta domestica:** son las bicicletas usadas a diario por las personas alrededor del mundo, se caracterizan por tener partes cómodas para la conducción en la ciudad, como lo son los asientos y manubrio, guardabarros, canastillas para el transporte de elementos o materiales, y casi todas estas bicicletas poseen un solo cambio; es decir, una relación de platos única en el pedal.
- **Bicicleta de montaña:** son bicicletas que requieren especificaciones especiales para su manejo en sitios con diferentes tipos de terrenos, como lo son montañas, laderas, desiertos, lomas empinadas o descensos, entre otros; entre las especificaciones esta la resistencia de sus materiales a los golpes y climas extremos, además, posee diferentes platos en el pedal y la llanta de adelante para cambiar el esfuerzo que se debe realizar dependiendo al terreno en el que se conduce.
- **Bicicleta de carrera:** esta bicicleta posee un objetivo principal primordial: la aerodinámica. Esto debido, a las necesidades básicas necesarias para la competencia, tiene componentes que la hacen liviana, además de diseños en sus partes que la hacen única para cada competidor; estas bicicletas se clasifican en:
  - Bicicleta para carrera.
  - Bicicleta para ciclocrós.
  - Bicicleta para pista.
  - Bicicleta par triatlón.
  - Bicicleta para critérium.
- **Bicicleta de turismo:** como su palabra lo indica, esta bicicleta está hecha para recorrer largas distancias y cargar un peso alto en comparación con los demás tipos de bicicleta, pero, la mayoría de las personas prefiere su utilización con

---

<sup>34</sup>Richard Grant, Richard Ballantine, *El Gran Libro de la Bicicleta* – Texto: Español – Editor: El País, Aguilar. Madrid (1992). Tomado de <http://es.wikipedia.org/wiki/Bicicleta>, ultima modificación: el 29 de marz de 2012, a las 00:38.

poca carga. Esta bicicleta se podría haber considerado una bicicleta de carreras debido a las anteriores especificaciones.

- **Bicicleta plegable:** en búsqueda de la necesidad de utilizar al máximo los espacios, fue creada la bicicleta plegable, teniendo partes con las cuales se pueda doblar y guardar en espacios reducidos; esta idea es tan vieja como la invención de la bicicleta misma, es muy utilizada para transportar en carros, camiones barcos y todo tipo de vehículo sin que ocupe espacios como las bicicletas normales. A pesar de su comodidad en transporte, no es muy cómoda para su conducción y suele ser más lenta que las otras bicicleta.
- **Bicicleta hibrida:** esta combina especificaciones de la bicicleta de carreras y la de ciudad o domestica; compartiendo elementos de comodidad y de especificaciones para buen rendimiento, pero siendo menos resistente que la bicicleta de montaña.
- **Bicicleta playera:** este tipo de bicicleta no posee especificaciones técnicas como las de montaña o las hibridas, son bicicletas simples de llanta gruesas, que son más utilizadas en sitios planos como las playas, casi siempre poseen solo un plato en el pedal.
- **Bicicleta tándem:** pensando en tener mejor velocidad y mayor relación de peso/potencia, fue creada para dos personas, es decir el doble de potencia en un pedaleo, la primera persona es la encargada de direccionar y de escoger los cambios necesarios para el terreno, la otra u otras personas solo pedalean.
- **Bicicleta BMX:** es de las bicicletas más pequeñas que se utilizan para competencia, con ruedas y marco pequeño y con relación de pedal sencillo, se usa en pistas de velocidad y con acrobacias, además para rampas.
- **Bicicleta de reparto:** son bicicletas las cuales están reforzadas en sus componentes básicos para tener un mayor transporte de carga, teniendo canastillas traseras y delanteras, que ayudan a transportar elementos de grandes proporciones, esta bicicleta no está hecha para altas velocidades además su transporte es dificultoso.
- **Triciclo:** es un medio de transporte que nació de la bicicleta pero con una llanta de más trasera para tener mayor estabilidad, es muy utilizada por personas discapacitadas y para llevar otros pasajeros.
- **Cuatriciclo:** al igual que el triciclo, es familiar de la bicicleta, es de poco uso porque necesita mayor potencia para su movilidad, pero suele tener usos para personas psicológicamente y físicamente discapacitadas, las cuales necesitan de un acompañante.

- Bicicleta para niños: las bicicletas para niños son iguales a las bicicletas utilizadas por adultos pero su tamaño es mucho menor, además poseen dos ruedas de soporte traseras con las cuales se posibilita aumentar la confianza de los niños a la hora de aprender a utilizar este medio de transporte y diversión. Las bicicletas son muy importantes en los niños debido a que les ayuda a su sistema de coordinación física.

**3.1.1 Características generales de los tipos de bicicletas.**<sup>35</sup> Sin importar los tipos de bicicletas que existen y que los usos son diferentes; la mayoría de ellos tienen elementos generales (Ver detalles en la Figura 9) las componentes principales que poseen son:

- Cuadro: es por así llamarlo el “marco de la bicicleta”, inicialmente fue hecho de hierro o acero, pero hoy en día es hecha de diferentes materiales como aluminio o titanio.
- Horquilla: está situado en la parte frontal del cuadro, insertada en el tubo de dirección, y sujeta la rueda delantera, tiene diferentes tipos como son los fijos y con suspensión.
- Ruedas: son de los principales elementos necesarios para el rendimiento de una bicicleta, además de la importancia para la movilidad.
- Neumático: es parte importante de la rueda, debido a que le da rigidez a la llanta, además de agarre y protección al rin o eje de rodadura, este posee aire a presión que le da la forma.
- Transmisión: son elementos mecánicos situados en el pedal y en la llanta trasera de la bicicleta para el esfuerzo en los diferentes tipos de pistas.
- Palanca de cambios: estos elementos están situados en el manillar y son los que hacen cambiar la transmisión con respecto a las necesidades del deportista, pueden ser tipo puño o cambiadores de pulgar.
- Frenos: este sistema es el que ayuda a la parada de la bicicleta, está compuesto por las palancas de frenos y todo el sistema desde el manillar hasta el sitio donde están ubicados.
- Potencia: o tija del manillar, en conjunto con la horquilla, son la interfaz entre sí con el tubo frontal del cuadro.

---

<sup>35</sup>Richard Grant, Richard Ballantine, *El Gran Libro de la Bicicleta* – Texto: Español – Editor: El País, Aguilar. Madrid (1992). Tomado de <http://es.wikipedia.org/wiki/Bicicleta>, última modificación: el 29 de marzo de 2012, a las 00:38.

- Manillar: situado en la parte delantera de la bicicleta y la cual le da el direccionamiento a la llanta delantera, tiene diferentes tamaños, puede ser angosta o ancha, y también depende del espacio en el que se conduce.
- Sillín: son de las partes principales que le dan confort a la bicicleta debido a que en ella se encuentra reposado el ciclista, también varía en diseños dependiendo a su versatilidad y los tipos de terreno.
- Tija de sillín: es el soporte del sillín.

Figura 9. Partes de la bicicleta.<sup>36</sup>



**3.1.2 Selección de bicicleta para pruebas físicas.** Tomando en cuenta las diferentes cualidades de los tipos de las bicicletas y las posibilidades de escogencia de esta, se quiso escoger un tipo de bicicleta versátil, de ciudad y que fuera de normal uso, pero, debido a que se poseía un tipo de bicicleta, por parte de uno de los integrantes del equipo de trabajo, se tomo como referencia para las

<sup>36</sup>DIAZ, Jose; Anatomía de la Bicicleta. Publicado: miércoles, 13 de octubre de 2010, 4:28 a.m. <http://avatarjose.blogspot.com/2010/10/anatomía-de-la-bicicleta-existen.html>

mediciones de las longitudes de sus partes (ver Figura 8) Esta bicicleta es de tipo híbrido, es decir, la combinación entre una bicicleta domestica y una todo terreno, pero para ciudad:

Figura 10. Bicicleta utilizada para la generación.



En la bicicleta se utilizó el sistema del pedal con la llanta trasera para la generación, usando el rin de la bicicleta como polea, es decir, se extraerá el neumático y la llanta y el carril que tiene el rin se usó para situar la banda que va conectada al generador.

La relación de platos que posee la bicicleta es de 3 platos adelante (ver Figura 11) en el pedal, y de 6 platos en la llanta (ver Figura 12) la relación que se utilizó es fija, es decir, se deja el primer plato más grande del pedal y se optó por dejar el pedal de menor radio para la parte trasera, y así se generó más velocidad en la llanta, transmitiendo una mayor velocidad también, el generador:

Figura 11. Relación de platos del pedal.



Figura 12. Relación de platos de pedal trasero.



Las especificaciones estructurales de la bicicleta que se muestran en la Figura 11, se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3 Partes de la bicicleta.

PARTE BICICLETA	LONGITUD(cm)
A	12
B	57
C	60
D	26
E	60
F	49,5
G	50
H	19
I	10
J	9
K	46
L	3,25

Figura 13. Dimensiones de la bicicleta de pruebas.



## 3.2 CONDICIONES FÍSICAS DEL CICLISMO

**3.2.1 Capacidades físicas de un ciclista.** En términos básicos las capacidades físicas de un ciclista son las mismas de una persona del común, la diferencia radica en que los deportistas de alto rendimiento tienen mejor desarrollo de capacidades físicas, motrices, respiratorias y musculares.

Generalizando se tiene que:

- Índice de masa corporal (IMC): Es una relación entre talla y peso la cual se calcula dividiendo el peso corporal de la persona en kilos entre el cuadrado de la talla en metros.

Para un ciclista de alto rendimiento los valores óptimos aproximados deberían ser entre 19 y 22.5; pero se debe tener en cuenta que ésta medida no indica la composición corporal del deportista, ni los componentes grasos, musculares u óseos.<sup>37</sup>

- Porcentaje de grasa: Ésta medida es diferente para hombres y para mujeres, la cual consiste en medir con un adipómetro 6 pliegues cutáneos de diferentes partes del cuerpo (Ya estandarizados); Tricipital, supra iliaco, subscapular, abdominal, cuádriceps, gemelo. La mayor desventaja son la variaciones entre los equipos de medición y la observación de quién toma éstas medidas.<sup>3839</sup>

Fórmula para hombres: % Grasa=(Sumatoria 6 pliegues \* 0.1051)+2.585 (9)

Fórmula para mujeres: % Grasa=(Sumatoria 6 pliegues \* 0.1548)+3.580 (9)

Las medidas que más se estudian en ciclistas debido a su relación con el rendimiento son el peso, porcentaje de grasa e índice de masa corporal (IMC) pero también se debe tener en cuenta las medidas corporales óseas, que son indispensables para la ergonomía entre el ciclista y la bicicleta.<sup>40</sup>

El peso y porcentaje de grasa se tienen muy en cuenta y son determinantes para premios de montaña, mientras que el índice de masa corporal es importante en terreno llano y contrarreloj.

<sup>37</sup> REVISTA SOLO CICLISMO.COM. Índice de masa corporal. [En línea] <<http://www.revistasolociclismo.com/salud/10-la-antropometria-en-los-ciclistas.html>> [Citado el 20 de Febrero de 2012].

<sup>38</sup> MEDICION DE LA GRASA CORPORAL MEDIANTE IMPEDANCIA BIOELECTRICA, PLIEGUES CUTÁNEOS Y ECUACIONES A PARTIR DE MEDIDAS ANTROPOMETRICAS. ANALISIS COMPARATIVO. Porcentaje de grasa. [En línea] <<http://scielo.isciii.es/pdf/resp/v75n3/a06v75n3.pdf>> [Citado el 20 de Febrero de 2012].

<sup>39</sup> CARACTERISTICAS MUSCULARES Y POTENCIA ANAEROBICA Y AEROBICA MAXIMA EN CICLISTAS DE COMPETICION. Porcentaje de grasa e IMC. [http://femede.es/documentos/Original\\_caract\\_musculares\\_169\\_119.pdf](http://femede.es/documentos/Original_caract_musculares_169_119.pdf). [Consulta: 20 de Febrero de 2012]. [On line]

<sup>40</sup> EFDEPORTES.COM. Rendimiento y capacidades del ciclista. <http://www.efdeportes.com/efd103/rendimiento-del-ciclista.htm>. <http://www.efdeportes.com/efd61/capac.htm>. [Consulta: 20 de Febrero de 2012]. [On line]



**3.2.2 Salud deportiva.** Según un estudio del hospital Transfronterizo de Puigcerdà y de la Facultad de Medicina de La Universidad de Girona, publicado en 'Medicina Clínica', la actividad física moderada, es decir, media hora durante 5 días, o 20 minutos 3 veces por semana reducen en un 31% el riesgo de mortalidad, mantenerse en movimiento es muy útil para prevenir enfermedades como la cardiopatía isquémica, la enfermedad cerebro-vascular, la hipertensión, el síndrome metabólico, la depresión, entre otros. "Algunos estudios muestran que incluso una actividad más ligera puede reducir el riesgo cardiovascular. Caminar una hora semanal redujo un 50% el riesgo de enfermedad coronaria y una sola sesión semanal de ejercicio intenso redujo la mortalidad cardiovascular un 39% en hombres y un 51% en mujeres"<sup>41</sup>

Con el ejercicio moderado se logra una reducción del 42% la diabetes tipo 2, reduce la osteoporosis, ayuda a mantener el peso y reduce en un 17% el riesgo de fracturas. En personas mayores de 65 años reduce el riesgo de demencia y deterioro cognitivo, además de reducir en un 41% el riesgo de padecer trastornos psicológicos.<sup>42</sup>

### 3.3 ENERGÍA GENERADA POR UNA BICICLETA

**3.3.1 Fuerza de ejecución.**<sup>43</sup> La fuerza de ejecución es la reacción mecánica de los músculos inferiores de la pierna. El accionar mecánico es la correlación del Gastrocnemius<sup>44</sup> y el Tibialis Anterior<sup>45</sup>, en los cuales se ejecuta una tensión superficial de contracción y extensión para realizar el movimiento declinado que soporta el peso corporal. Sobre el músculo Calcaneal<sup>46</sup> recae toda la masa corporal, el impulso efectivo que se realiza cuando se desplaza la biela inicialmente genera una cantidad de testosterona que supera el porcentaje general de cualquier tipo de extensión o flexión plantar de tobillo, sin tener en cuenta el ejercicio de sentadillas. La razón de ser de ésta situación es la relación de trabajo que se puede verificar en el desplazamiento de inercia sobre la bicicleta y la fuerza ejercida por el componente peso de acuerdo a la posición del cuerpo cuando se monta la misma (ver Figura 12)

---

<sup>41</sup> REVISTA MUY INTERESANTE. Los beneficios del ejercicio. [En línea] <<http://www.muyinteresante.es/cuantifican-los-beneficios-del-ejercicio-fisico>>. [Citado el 20 de Febrero de 2012],

<sup>42</sup> REVISTA MUY INTERESANTE. Los beneficios del ejercicio. [En línea] <<http://www.muyinteresante.es/cuantifican-los-beneficios-del-ejercicio-fisico>>. [Citado el 20 de Febrero de 2012],

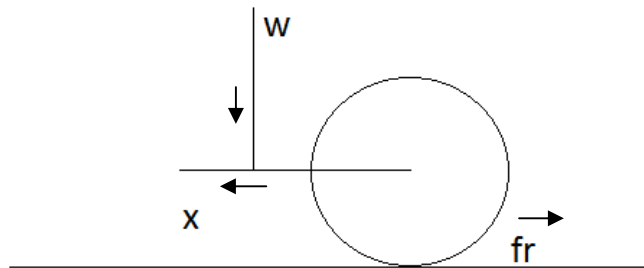
<sup>43</sup> OSORIO, A. Generador Eléctrico Accionado por Fuerza Humana: Una Alternativa de Generación de Energía. Academia de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. [arturo.osorio@daia.ujat.mx](mailto:arturo.osorio@daia.ujat.mx). [Consultado el 15 de febrero de 2012].

<sup>44</sup> Músculo trasero del par inferior que cobla las rodillas, más conocido como gemelo.

<sup>45</sup> Músculo tibial del antero posterior de la pierna inferior.

<sup>46</sup> Tendón de Aquiles.

Figura 14. Fuerza y trabajo



Cuando se analiza entonces los componentes corporales que ejecutan la fuerza, se puede llegar a concluir que el accionar de impulso está en un 90% concentrado en el peso corporal y el 10% restante en la extensión del músculo Calcaneal que dorsiflexiona el tobillo y ejecuta la fuerza necesaria para hacer que se desplace la Catarina principal de la bicicleta.<sup>47</sup>

Luego se puede tener que la fuerza de ejecución está dada por la suma en porcentajes de la masa corporal y el porcentaje de flexión plantar generada por el talón de Aquiles.<sup>48</sup> (Ver Ecuación 10).

$$F = W + 0.1W \quad (10)$$

Donde  $W$  es el peso corporal, y la acción muscular es el 10% del mismo.

**3.3.2 Par de movimiento.**<sup>49</sup> La fuerza impulsada a la biela de la bicicleta a través de su longitud, genera un par de movimiento con centro de masa en el centro de la circunferencia de la catarina delantera, de esta manera se produce un torque que impulsa un movimiento centrifugo, que atado a una cadena puesta en funcionamiento con la catarina trasera, forman un sistema lineal de fuerza.

El par está dado por la medida longitudinal de la biela, y por el porcentaje de exceso con que se vence la energía cinética que contiene el pedal en el arranque (ver Ecuación 11) a partir de ese instante, el componente peso corporal

<sup>47</sup> Flash Mavi. Entrenamiento deportivo. Roice Coleman. [Consultado el 15 de Febrero de 2012]. [On line]

<sup>48</sup> LOPATEGUI CARSINO, Edgar. Fisiología del ejercicio. Universidad Interamericana de Puerto Rico. [Consultado el 15 de Febrero de 2012]. [On line]

<sup>49</sup> OSORIO, A. Generador Eléctrico Accionado por Fuerza Humana: Una Alternativa de Generación de Energía. Academia de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. arturo.osorio@daia.ujat.mx. [Consultado el 15 de febrero de 2012].

dependiendo de la posición del deportista es quien hace las veces de motor para revolucionar la catarina y por ende todo el sistema.

$$T = F * d \quad (11)$$

Donde F es la fuerza de ejecución y d, la longitud de la biela.

**3.3.3 Velocidad angular generada por el ciclista.**<sup>50</sup> Cuando el ciclista ejerce el arranque de la bicicleta el torque de la biela genera un movimiento periódico de la catarina delantera, el cual toma la velocidad angular correspondiente a la ejecutada por el par de fuerza (ver Ecuación 12) de esta forma, dependiendo de la cantidad de vueltas que alcance la catarina se calcula la velocidad angular del sistema, el cual está ligado a la condición física deportiva y a la intensidad del ejercicio como tal.

$$\omega_p = 2\pi * n \quad (12)$$

Lo que quiere decir, que cada 360° es una revolución referente al tiempo de evaluación y la velocidad se considera mayor a medida que el disco gire determinadas cantidades en mínimas muestras de tiempo como se muestra en la Ecuación 13.

$$1R = 2\pi \text{rad} / \text{min} = 60 \text{ seg} \rightarrow 2\pi \frac{\text{rad}}{\text{seg}} = 60\text{RPM} \quad (13)$$

RPM: Revoluciones por minuto.

**3.3.4 Potencia invertida por el ciclista.**<sup>51</sup> La energía que le suministra el deportista a la bicicleta es una relación inversamente proporcional a la tasa metabólica básica, que va de acuerdo a las calorías que pueda llegar a consumir durante el día y la pérdida de las mismas durante el ejercicio. Las calorías a razón no se eliminan de la misma manera que se consumen, y requieren de un esfuerzo

---

<sup>50</sup>OSORIO, A. Generador Eléctrico Accionado por Fuerza Humana: Una Alternativa de Generación de Energía. Academia de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. arturo.osorio@daia.ujat.mx. [Consultado el 15 de febrero de 2012].

<sup>51</sup>OSORIO, A. Generador Eléctrico Accionado por Fuerza Humana: Una Alternativa de Generación de Energía. Academia de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. arturo.osorio@daia.ujat.mx. [Consultado el 15 de febrero de 2012].

superior para lograr un tiempo mínimo de evolución metabólica dentro del cuerpo.<sup>52</sup>

La potencia generada a la catarina delantera de la bicicleta a través de la biela está dada por la pérdida en el par de movimiento, a la relación de distancia de la misma y a la fuerza de ejecución del pedalista como se muestra en la Ecuación 14.

$$P = T * \omega \quad (14)$$

$$P = 2\pi(F * d * n) \quad (14)$$

**3.3.5 Velocidad angular que alcanza el generador.**<sup>53</sup> Considerando la lógica física, una polea tiene una razón inversa de velocidad a fuerza, en donde a más fuerza, el índice de velocidad se reduce a la cantidad de elementos que regulen la misma; el sistema de transmisión a través de bandas o correas dentadas permite una situación similar en donde no se va a manipular la fuerza debido a un componente virtual de inercia que pueda llegar a tener la bicicleta, entonces a mayor velocidad, menor potencia y de esta forma el sistema de generación será óptimo mientras que la relación a pérdidas de potencia con respecto a la velocidad que se le dé al generador, sea menor a un 5%, de esta forma, el sistema de carga no perdería tanta energía y el deportista no tendría que hacer un esfuerzo mayor si no lo desea para alcanzar la potencia requerida.

La velocidad angular que alcanza el generador está dada por la función de transferencia que relacionan los ejes de rotación, en este caso las catarinas y las bandas y correas dentadas que unan los sistemas, determinados de la siguiente manera (ver Ecuación 15).

$$\frac{\omega_g}{\omega_p} = \frac{\omega_g}{\omega_r} * \frac{\omega_r}{\omega_c} * \frac{\omega_c}{\omega_p} \quad (15)$$

En donde:

$\omega_g$ : Velocidad angular del generador

$\omega_p$ : Velocidad angular de la catarina delantera

$\omega_r$ : Velocidad angular del rin trasero

$\omega_c$ : Velocidad angular de la catarina de rin

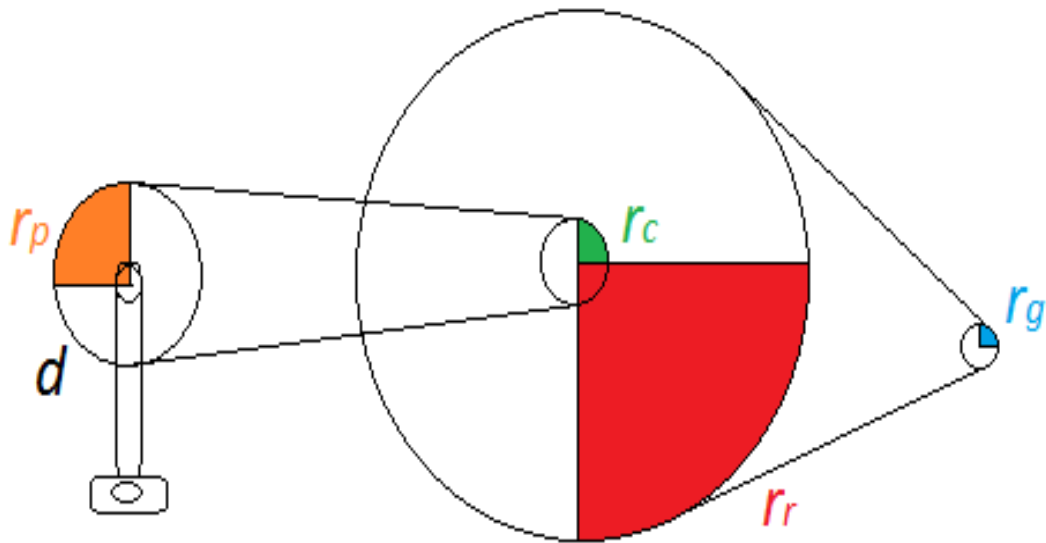
---

<sup>52</sup> REVISTA SÓLO CICLISMO.COM. Índice de masa corporal. [En línea] <<http://www.revistasolociclismo.com/salud/10-la-antropometria-en-los-ciclistas.html>>. [Citado el 20 de Febrero de 2012].

<sup>53</sup> OSORIO, A. Generador Eléctrico Accionado por Fuerza Humana: Una Alternativa de Generación de Energía. Academia de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. [arturo.osorio@daia.ujat.mx](mailto:arturo.osorio@daia.ujat.mx). [Consultado el 15 de febrero de 2012].

Como se aprecia en la Figura 13, los radios de las circunferencias van relacionados con el componente velocidad mencionado en la descripción de la ecuación de transferencia, de ésta manera se puede ubicar con facilidad la relación de velocidades en la figura.

Figura 15. Relación de radios de la bicicleta



Analizando la Figura 13, se puede deducir que si se da una vuelta a la catarina del rin, el rin ejecutara la misma vuelta, debido a que se encuentran sobre el mismo eje, así no tengan tamaños iguales, luego se puede deducir las Ecuaciones 16 y 17.

$$\omega_c = 2\pi * n \quad (16)$$

Además

$$\omega_r = 2\pi * n \quad (17)$$

Si dan una vuelta, n sería idéntica en ambas, lo que afirma la Ecuación 18.

$$\omega_c = 2\pi = \omega_r \quad (18)$$

Entonces la ecuación de transferencia se reduce a la Ecuación 15.

Si se analiza el desplazamiento que ejecutaría la bicicleta, se tendría que revisar la velocidad tangencial de cada una de las circunferencias que participan en el montaje, entonces se tendría las Ecuaciones 19, 20, 21 y 22, con las fórmulas de velocidad para el generador, el pedal, el rin y la Catarina respectivamente.

$$V_g = \omega_g * r_g \quad (19)$$

$$V_p = \omega_p * r_p \quad (20)$$

$$V_r = \omega_r * r_r \quad (21)$$

$$V_c = \omega_c * r_c \quad (22)$$

Luego reemplazando en la Ecuación 15 se tiene que:

$$\frac{\omega_g}{\omega_p} = \frac{\frac{V_g}{r_g} * \frac{r_c}{r_p}}{\frac{V_r}{r_r}} \quad (23)$$

Operando matemáticamente se obtiene la Ecuación 24.

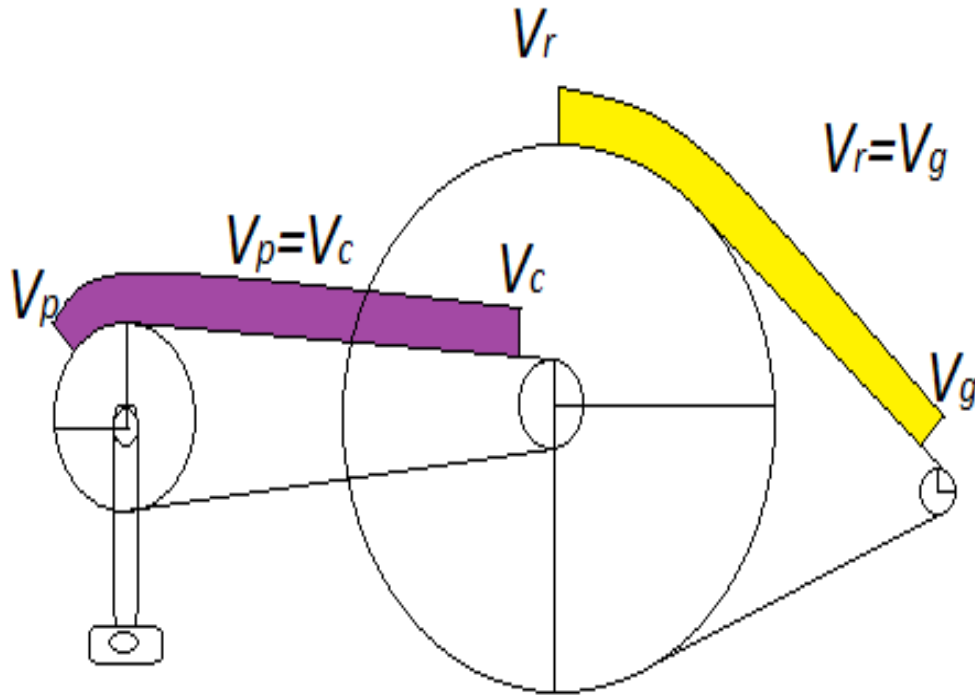
$$\frac{\omega_g}{\omega_p} = \frac{(V_g V_c)(r_r r_p)}{(V_r V_p)(r_g r_c)} \quad (24)$$

En donde se supone que la velocidad de desplazamiento en cualquier punto de la banda es la misma, y en cualquier punto de la correa dentada en caso actual la cadena; es la misma.

De acuerdo con la Figura 16, se tiene que los componentes de velocidad desaparecerían limitando la relación a la medida de los radios de las circunferencias, concluyendo que la velocidad final del generador está dada por la Ecuación 25.

$$\frac{\omega_g}{\omega_p} = \frac{(r_r * r_p)}{(r_g * r_c)} \quad (25)$$

Figura 16. Demostración de igualdad de velocidad tangencial.



Y si se separara de acuerdo a la Figura 16, se podría evidenciar que las relaciones son independientes, puesto que el  $r_r$  se ata por banda al  $r_g$ ; y el  $r_p$  por cadena al  $r_c$ .

Luego la función velocidad angular está dada por la Ecuación 26.

$$\omega_g = \omega_p \frac{(r_r * r_p)}{(r_g * r_c)} \quad (26)$$

**3.3.6 Potencia suministrada al generador.**<sup>54</sup> Teniendo en cuenta la explicación del numeral 3.3.4, la potencia suministrada al generador se verifica directamente a la relación del pedal hasta el giro del rotor del generador, de esta forma se tiene la Ecuación 27.

$$\frac{P_g}{P_p} = \frac{P_g}{P_r} * \frac{P_r}{P_c} * \frac{P_c}{P_p} * \frac{P_p}{P_m} \quad (27)$$

Donde la variable adicional  $P_m$  es la potencia desde el pedaleo del ciclista.

Teniendo en cuenta que el factor fuerza debido a la inercia no varía, se eliminaría una componente de la potencia general, entonces la respuesta dependería de la velocidad de ejecución y del tamaño de cada uno de los radios, luego se obtiene la Ecuación 28.

$$P = \omega * F * x \quad (28)$$

Pero  $F$  constante para todo el proceso, entonces se puede obviar dentro de la solución, y  $x$  equivale a los radios.

Luego potencia está dada por las Ecuación 29, Ecuación 30, Ecuación 31, Ecuación 32 y Ecuación 33, con las potencias del generador, el pedal, el rin, la catarina y el pedaleo como tal, respectivamente:

$$P_g = \omega_g * r_g \quad (29)$$

$$P_p = \omega_p * r_p \quad (30)$$

$$P_r = \omega_r * r_r \quad (31)$$

$$P_c = \omega_c * r_c \quad (32)$$

$$P_m = \omega_m * r_m \quad (33)$$

---

<sup>54</sup>OSORIO, A. Generador Eléctrico Accionado por Fuerza Humana: Una Alternativa de Generación de Energía. Academia de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. arturo.osorio@daia.ujat.mx. [Consultado el 15 de febrero de 2012].



Y se reemplaza en la Ecuación 27 de la potencia y se obtendría la Ecuación 34.

$$\frac{P_g}{P_p} = \frac{\omega_g * r_g}{\omega_r * r_r} * \frac{\omega_r * r_r}{\omega_c * r_c} * \frac{\omega_c * r_c}{\omega_p * r_p} * \frac{\omega_p * r_p}{\omega_m * d} \quad (34)$$

Simplificando se tiene la Ecuación 35.

$$\frac{P_g}{P_p} = \frac{\omega_g * r_g}{\omega_m * d} \quad (35)$$

Entonces la potencia estaría dad por la Ecuación 36.

$$P_g = P_p \frac{\omega_g * r_g}{\omega_m * d} \quad (36)$$

Donde se identifica que  $\omega_m = \omega_p$  debido a que es el mismo eje, lo que puede afirmar la Ecuación 37.

$$P_g = P_p \frac{\omega_p \frac{(r_r * r_p)}{(r_g * r_c)} * r_g}{\omega_p * d} \quad (37)$$

Y simplificando se tendría la Ecuación 38.

$$P_g = P_p \frac{(r_r * r_p * d)}{(r_c)} \quad (38)$$

### 3.3.7 Evaluación (Prueba física)

#### 3.3.7.1 Recopilación de datos<sup>55</sup>

Tabla 4 Recopilación de datos.

NOMBRE COMPLETO	IDENTIFICACIÓN	EDAD (años)	PESO (kg)	ESTATURA (cm)	¿QUÉ DEPORTE PRACTICA CON MÁS FRECUENCIA?	¿CUÁNTAS VECES EN LA SEMANA PRACTICA DICHO DEPORTE?	¿POSEE BICICLETA?	¿QUÉ TIPO DE BICICLETA POSEE?	¿CON QUÉ FRECUENCIA MONTA BICICLETA EN LA SEMANA?
Gladys Rocío Cardona Villa	42899296	43	50	168	Aeróbicos	5 días	Sí	Híbrida	No monta bicicleta
Laura Jazmín Pulgarín Palacio	1037599423	22	72	178	Voleibol	1 día	Sí	Urbana	No monta bicicleta
Carolina Castro Marín	95042915573	16	57	165	Voleibol	1 día	Sí	Híbrida	No monta bicicleta
Ana María Ortiz Escobar	1152191868	20	55	160	Natación	1 día	No	Ninguna	No monta bicicleta
Leidy Johana Ríos Toro	1128278652	22	56	160	Caminar	2 días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Juan David Valencia	1040182338	19	60	170	Fútbol	2 días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Yeraldín Sepúlveda Jaramillo	940252310	17	57	168	Caminata	Todos los días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Juliana Toro Duarte	1214717306	19	54	170	Nadar	1 día	No	Ninguna	No monta bicicleta
Ana María Yepes Pulgarín	100181365	23	50	165	Ninguno	No hace deporte	No	Ninguna	No monta bicicleta
Luis Felipe Bustamante Narváez	1037598783	22	75	167	Fútbol	1 día	Sí	Híbrida	No monta bicicleta
Yarleny Flórez Valencia	1017193943	20	52	164	Ninguno	No hace deporte	No	Ninguna	No monta bicicleta
Luisa Fernanda Vargas Morales	1037604619	21	65	165	Natación	3 días	Sí	Cross	1 día
Lina María Buitrago Castaño	1040181262	22	56	167	En el gimnasio	2 días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Dayhana Pérez Monroy	1037589062	24	55	157	Ninguno	No hace deporte	No	Ninguna	No monta bicicleta
Juliana Gómez Cardoso	1037605236	22	40	155	Natación	2 días	Sí	Híbrida	1 día
Lina Marcela Uribe Grajales	1040181632	21	47	164	Gimnasio	3 días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Carlos Andrés López Quintero	8161461	29	84	191	Ciclismo	2 días	Sí	Híbrida	2 días
Yaneth Restrepo	43875860	30	59	167	Gimnasio	2 días	Sí	Híbrida	1 día
Maria Patricia Lopera Ossa	1039452201	22	47	165	Aeróbicos y abdominales	1 día	No	Ninguna	No monta bicicleta
Gabriel Jaime Acosta	1037582600	24	102	165	Fútbol	1 día	No	Ninguna	No monta bicicleta
Xiomara Gómez Escobar	1037614217	20	56	165	Patinaje	1 día	Sí	Elíptica	1 día
Alejandra Tabares	1037598028	22	46	158	Baile deportivo	1 día	Sí	Híbrida	1 día
Leidy Rodríguez Arias	1037600219	22	45	155	Gimnasio	1 día	No	Ninguna	No monta bicicleta
Liliana Areiza	1017129828	25	57	170	Tenis	1 día	Sí	Híbrida	1 día
Alex Castañeda Castaño	1036937341	22	62	172	Fútbol	2 días	No	Híbrida	No monta bicicleta
Ruby Nery Murillo Correa	43990812	26	56	168	Natación	1 día	Sí	Ninguna	No monta bicicleta
Maria Luisa Jaramillo	1036613253	24	58	164	Elíptica	1 día	Sí	Híbrida	No monta bicicleta
Marcela Rendón Marín	1037581229	24	60	167	Gimnasio	3 días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Galileo Molina Vélez	8031144	27	83	178	Baloncesto	3 días	No	Híbrida	No monta bicicleta
Angélica López Garcés	1037609097	21	50	170	Gimnasio	1 día	No	Ninguna	No monta bicicleta
Stefanía Gil	1037626197	18	63	165	Gimnasio	3 días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Mónica Guzmán Ramírez	1037613751	20	64	160	Trotar y elíptica	1 día	No	Ninguna	No monta bicicleta
Laura Ortiz Sánchez	94100312691	17	49	170	Ninguno	Todos los días	Sí	Playera	Todos los días
Susana Restrepo Rendón	1037607603	21	65	164	Trotar	3 días	Sí	Híbrida	No monta bicicleta
Mónica Becerra Ocampo	95010118612	17	64	168	Voleibol	2 días	Sí	Híbrida	3 días
Luis Villalba Toro	1037591408	23	90	175	Fútbol y baloncesto	1 día	No	Ninguna	No monta bicicleta
Jenny Andrea Giraldo	1037609380	21	61	159	Patinaje	1 día	No	Ninguna	No monta bicicleta
Viviana Ríos Castaño	1035864410	18	58	165	Tenis	2 días	Sí	Híbrida	No monta bicicleta
Marisol García López	1036632556	21	63	179	Caminar	Todos los días	Sí	Híbrida	2 días
Alejandro Brand López	1036609907	24	78	170	Natación	3 días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Carlos Eduardo López Cabal	95092622160	16	48	172	Voleibol	2 días	Sí	Híbrida	Todos los días
Lina María Bustamante Narváez	43879028	29	47	157	Ninguno	No hace deporte	No	Ninguna	No monta bicicleta
Grace Portela	1110446509	25	58	156	bicicleta	2 días	Sí	Híbrida	2 días
Estefany Cardona	1037599484	22	50	170	Ninguno	No hace deporte	No	Ninguna	No monta bicicleta
Girlesca Puerta	1110522580	25	58	155	bicicleta	2 días	Sí	Híbrida	2 días
Cindy Duque Galvis	1037599612	22	66	167	Ninguno	No hace deporte	No	Ninguna	No monta bicicleta
Manuela Zapata Quintero	95053016031	16	51	170	Voleibol	2 días	Sí	Híbrida	No monta bicicleta
Tatiana López	43678190	26	53	165	Caminar y baile	2 días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Leidy Yuliana Betancur Cortes	1087552811	21	60	162	Ninguno	Todos los días	Sí	Híbrida	3 días
Andrea Franco García	96010118376	16	50	168	Gimnasio	2 días	Sí	Ninguna	3 días
Julián Morales Ramirez	1036626723	22	67	172	Fútbol y natación	1 día	Sí	Híbrida	1 día
Camila Hoyos Echavarría	1037616090	20	50	155	Ninguno	No hace deporte	No	Ninguna	No monta bicicleta
Phamela Silvana Castaño Manco	1037605848	21	48	160	Ninguno	No hace deporte	No	Ninguna	No monta bicicleta
Nicolás Orozco Bustamante	99113013067	12	50	165	Baloncesto	1 día	Sí	Cross	No monta bicicleta
Mauricio Restrepo Roldan	1037579182	25	75	177	Rugby y gimnasio	4 días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Carlos Fernando López Cano	1036621101	23	79	190	Ninguno	Todos los días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Camilo Vélez	1037585387	24	62	178	Fútbol	1 día	Sí	Híbrida	No monta bicicleta
Deisy Garzón Metaute	1037595805	22	65	179	Gimnasio	2 días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Jaime Bustamante	94100911803	17	71	170	Fútbol	3 días	Sí	Cross	1 día
Andrés Colorado Velásquez	1026135705	23	50	175	Voleibol	1 día	No	Ninguna	No monta bicicleta
René Andrés Gaviria Monsalve	1035912694	22	74	170	Baile-fútbol	2 días	Sí	Híbrida	No monta bicicleta
Christian Alan Orozco	71787811	34	68	189	Ninguno	No hace deporte	No	Ninguna	No monta bicicleta
Melissa Bustamante Narváez	95091419255	16	52	160	Trote y aeróbicos	2 días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Blanca Edith Narváez Varón	38253642	51	68	163	Ninguno	No hace deporte	No	Ninguna	No monta bicicleta
Mónica Villegas	43749800	32	65	160	Caminar	3 días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Katherine Cifuentes Hernández	1037603490	21	58	167	Natación	1 día	No	Ninguna	No monta bicicleta
Angélica Castro Londoño	94122915136	17	51	175	Ninguno	No hace deporte	Sí	Híbrida	No monta bicicleta
José Luis Garcés González	1037630507	18	60	180	Baloncesto	Todos los días	Sí	Híbrida	No monta bicicleta
Carolina Giraldo	1152187986	21	64	170	Natación	3 días	Sí	Cross	No monta bicicleta
Maria Alejandra Giraldo Cardona	1040731356	25	49	164	Ninguno	No hace deporte	Sí	Ninguna	No monta bicicleta
Rigoberto Manchur	0	55	90	167	Ninguno	No hace deporte	No	Ninguna	No monta bicicleta
Lina Marcela Chaverra Silva	1037598658	22	55	169	Ninguno	No hace deporte	No	Ninguna	No monta bicicleta
Maria Cecilia Ospina Gómez	1017180318	21	52	165	Ninguno	No hace deporte	No	Ninguna	No monta bicicleta
Tatiana Londoño Morales	1037627372	18	53	160	Trotar	2 días	Sí	Cross	3 días
Anderson Arenas	1037622700	20	70	172	Fútbol	No hace deporte	No	Ninguna	Todos los días
Yeimy Xiomara Venegas Ruiz	43758972	33	64	167	Voleibol	2 días	No	Ninguna	5 días
John Jairo Yepes	1040032332	24	75	168	Fútbol	1 día	No	Ninguna	No monta bicicleta
Laura Natalia Ruiz Villada	1042063278	20	47	168	Caminar	2 días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Luz Adriana Batista Meza	1004204504	20	60	162	Gimnasio	3 días	No	Ninguna	No monta bicicleta
Laura Juliana Conde Narváez	1110523584	19	59	168	Voleibol	3 días	No	Híbrida	No monta bicicleta

<sup>55</sup> Microsoft Excel. Encuesta Virtual. INFORMACIÓN BÁSICA DEPORTIVA

La Tabla 4 muestra la recopilación de información, evidencia la cantidad de personas que se acercaron a participar en la encuesta realizada para realizar las pruebas propuestas en el numeral 3.3.8.

### 3.3.7.2 Discriminación general de datos

- Por mayoría de edad: Se contó con la participación de 10 personas menores de edad y 70 mayores a los 18 años, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Mayoría de edad filtro inicial.

Personas			
Menores de edad	Mayores de edad		
Carolina Castro Marín	Gladys Rocío Cardona Villa		
Laura Ortiz Sánchez	Laura Jazmín Pulgarín Palacio		
Mónica Becerra Ocampo	Ana María Ortiz Escobar		
Carlos Eduardo López Cabal	Leidy Johana Ríos Toro		
Manuela Zapata Quintero	Juan David Valencia		
Andrea Franco García	Yeraldin Sepúlveda Jaramillo		
Nicolás Orozco Bustamante	Juliana Toro Duarte		
Jaime Bustamante	Ana María Yepes Pulgarín		
Melissa Bustamante Narváez	Luis Felipe Bustamante Narváez		
Angélica Castro Londoño	Yarleny Flórez Valencia		
	Luisa Fernanda Vargas Morales		
	Lina María Buitrago Castaño		
	Dayhana Pérez Monroy		
	Juliana Gómez Cardoso		
	Lina Marcela Uribe Grajales		
	Carlos Andrés López Quintero		
	Yaneth Restrepo		
	Maria Patricia Lopera Ossa		
	Gabriel Jaime Acosta		
	Xiomara Gómez Escobar		
	Alejandra Tabares		
	Leidy Rodríguez Arias		
	Liliana Areiza		
	Alex Castañeda Castaño		
	Ruby Nery Murillo Correa		
	Maria Luisa Jaramillo		
	Marcela Rendón Marín		
	Galileo Molina Vélez		
	Angélica López Garcés		
	Stefania Gil		
	Mónica Guzmán Ramírez		
	Susana Restrepo Rendón		
	Luis Villalba Toro		
	Jenny Andrea Giraldo		
	Viviana Ríos Castaño		
	Marisol García López		
	Alejandro Brand López		
	Lina María Bustamante Narváez		
	Grace Portela		
	Estéfany Cardona		
	Grace Portela		
	Cindy Duque Galvis		
	Tatiana López		
	Leidy Yuliana Betancur Cortes		
	Julián Morales Ramírez		
	Camila Hoyos Echavarría		
	Phamela Silvana Castaño Manco		
	Mauricio Restrepo Roldán		
	Carlos Fernando López Cano		
	Camilo Vélez		
	Deisy Garzón Metaute		
	Andrés Colorado Velásquez		
	René Andrés Gaviria Monsalve		
	Christian Alan Orozco		
	Blanca Edith Narváez Varón		
	Mónica Villegas		
	Katherine Cifuentes Hernández		
	José Luis Garcés González		
	Carolina Giraldo		
	Maria Alejandra Giraldo Cardona		
	Rigoberto Manchur		
	Lina Marcela Chaverra Silva		
	Maria Cecilia Ospina Gómez		
	Tatiana Londoño Morales		
	Anderson Arenas		
	Yeimy Xiomara Venegas Ruiz		
	John Jairo Yepes		
	Laura Natalia Ruiz Villada		
	Luz Adriana Batista Meza		
	Laura Juliana Conde Narváez		
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>70</b>	<b>80</b>

- Por género: Se contó con un 73% de participación femenina, dando como garante la mayor participación de la mujer en actividades de salud deportiva y belleza.

Tabla 6. Por genero filtro inicial.

Género		
	Masculino	Femenino
	Juan David Valencia	Gladys Rocío Cardona Villa
	Luis Felipe Bustamante Narváez	Laura Jazmín Pulgarín Palacio
	Carlos Andrés López Quintero	Carolina Castro Marín
	Gabriel Jaime Acosta	Ana María Ortiz Escobar
	Alex Castañeda Castaño	Leidy Johana Ríos Toro
	Galileo Molina Vélez	Yeraldin Sepúlveda Jaramillo
	Luis Villalba Toro	Juliana Toro Duarte
	Alejandro Brand López	Ana María Yepes Pulgarín
	Carlos Eduardo López Cabal	Yarleny Flórez Valencia
	Julián Morales Ramírez	Luisa Fernanda Vargas Morales
	Nicolás Orozco Bustamante	Lina María Buitrago Castaño
	Mauricio Restrepo Roldan	Dayhana Pérez Monroy
	Carlos Fernando López Cano	Juliana Gómez Cardoso
	Camilo Vélez	Lina Marcela Uribe Grajales
	Jaime Bustamante	Yaneth Restrepo
	Andrés Colorado Velásquez	Maria Patricia Lopera Ossa
	René Andrés Gaviria Monsalve	Xiomara Gómez Escobar
	Christian Alan Orozco	Alejandra Tabares
	José Luis Garcés González	Leidy Rodríguez Arias
	Rigoberto Manchur	Liliana Areiza
	Anderson Arenas	Ruby Nery Murillo Correa
	John Jairo Yepes	Maria Luisa Jaramillo
		Marcela Rendón Marín
		Angélica López Garcés
		Stefania Gil
		Mónica Guzmán Ramírez
		Laura Ortiz Sánchez
		Susana Restrepo Rendón
		Mónica Becerra Ocampo
		Jenny Andrea Giraldo
		Viviana Ríos Castaño
		Marisol García López
		Lina María Bustamante Narváez
		Grace Portela
		Estéfany Cardona
		Grace Portela
		Cindy Duque Galvis
		Manuela Zapata Quintero
		Tatiana López
		Leidy Yuliana Betancur Cortes
		Andrea Franco García
		Camila Hoyos Echavarría
		Phamela Silvana Castaño Manco
		Deisy Garzón Metaute
		Melissa Bustamante Narváez
		Blanca Edith Narváez Varón
		Mónica Villegas
		Katherine Cifuentes Hernández
		Angélica Castro Londoño
		Carolina Giraldo
		Maria Alejandra Giraldo Cardona
		Lina Marcela Chaverra Silva
		Maria Cecilia Ospina Gómez
		Tatiana Londoño Morales
		Yeimy Xiomara Venegas Ruiz
		Laura Natalia Ruiz Villada
		Luz Adriana Batista Meza
		Laura Juliana Conde Narváez
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>58</b>
		<b>80</b>

### 3.3.7.3 Filtro de datos

- Mujeres de acuerdo a su mayoría de edad: Tanto en la selección del 12% de los menores de edad, como en la mayoría de La misma, se cuenta con un 12% particular de mujeres menores de edad participes en diversos eventos deportivos.

Tabla 7. Filtro, mujeres mayores de edad.

Femenino	
Menores de edad	Mayores de edad
Carolina Castro Marín	Gladys Rocío Cardona Villa
Laura Ortiz Sánchez	Laura Jazmín Pulgarín Palacio
Mónica Becerra Ocampo	Ana María Ortiz Escobar
Manuela Zapata Quintero	Leidy Johana Ríos Toro
Andrea Franco García	Yeraldin Sepúlveda Jaramillo
Melissa Bustamante Narváez	Juliana Toro Duarte
Angélica Castro Londoño	Ana María Yepes Pulgarín
	Yarleny Flórez Valencia
	Luisa Fernanda Vargas Morales
	Lina María Buitrago Castaño
	Dayhana Pérez Monroy
	Juliana Gómez Cardoso
	Lina Marcela Uribe Grajales
	Yaneth Restrepo
	Maria Patricia Lopera Ossa
	Xiomara Gómez Escobar
	Alejandra Tabares
	Leidy Rodríguez Arias
	Liliana Areiza
	Ruby Nery Murillo Correa
	Maria Luisa Jaramillo
	Marcela Rendón Marín
	Angélica López Garcés
	Stefania Gil
	Mónica Guzmán Ramírez
	Susana Restrepo Rendón
	Jenny Andrea Giraldo
	Viviana Ríos Castaño
	Marisol García López
	Lina María Bustamante Narváez
	Grace Portela
	Estéfany Cardona
	Grace Portela
	Cindy Duque Galvis
	Tatiana López
	Leidy Yuliana Betancur Cortes
	Camila Hoyos Echavarría
	Phamela Silvana Castaño Manco
	Deisy Garzón Metaute
	Blanca Edith Narváez Varón
	Mónica Villegas
	Katherine Cifuentes Hernández
	Carolina Giraldo
	Maria Alejandra Giraldo Cardona
	Lina Marcela Chaverra Silva
	Maria Cecilia Ospina Gómez
	Tatiana Londoño Morales
	Yeimy Xiomara Venegas Ruiz
	Laura Natalia Ruiz Villada
	Luz Adriana Batista Meza
	Laura Juliana Conde Narváez
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>
	<b>51</b>
	<b>58</b>

- Hombres de acuerdo a su mayoría de edad: El 86% de los hombres partícipes son mayores de edad.

Tabla 8. Filtro, hombres mayores de edad.

Masculino			
	Menores de edad	Mayores de edad	
	Carlos Eduardo López Cabal	Juan David Valencia	
	Nicolás Orozco Bustamante	Luis Felipe Bustamante Narváez	
	Jaime Bustamante	Carlos Andrés López Quintero	
		Gabriel Jaime Acosta	
		Alex Castañeda Castaño	
		Galileo Molina Vélez	
		Luis Villalba Toro	
		Alejandro Brand López	
		Julián Morales Ramírez	
		Mauricio Restrepo Roldan	
		Carlos Fernando López Cano	
		Camilo Vélez	
		Andrés Colorado Velásquez	
		René Andrés Gaviria Monsalve	
		Christian Alan Orozco	
		José Luis Garcés González	
		Rigoberto Manchur	
		Anderson Arenas	
		John Jairo Yepes	
TOTAL	3	19	22

**3.3.7.4 De acuerdo a la edad exacta.** Cantidad de personas clasificadas por su edad, el 62.5 de participación deportiva se da en personas entre los 20 y 25 años.

Tabla 9. Filtro de edad exacta.

EDAD (años)	FRECUENCIA
12	1
16	5
17	5
18	4
19	3
20	8
21	11
22	15
23	4
24	7
25	5
26	2
27	1
29	2
30	1
32	1
33	1
34	1
43	1
51	1
55	1
TOTAL	80

**3.3.7.5 De acuerdo a su peso.** El rango de peso, es muy abierto y permite solo percibir la pronta participación deportiva de personas con peso no superior a los 90kg, lo que indica la salvedad probable de no participación de personas con sobrepeso, sea por obesidad o por talla superior a los 2m.

Tabla 10. Filtro de peso exacto.

PESO (Kg)	FRECUENCIA
40	1
45	1
46	1
47	4
48	2
49	2
50	8
51	2
52	3
53	2
54	1
55	3
56	4
57	3
58	5
59	2
60	5
61	1
62	2
63	2
64	4
65	4
66	1
67	1
68	2
70	1
71	1
72	1
74	1
75	3
78	1
79	1
83	1
84	1
90	2
102	1
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>

**3.3.7.6 De acuerdo a su talla.** El promedio de personas que normalmente realizan algún tipo de deporte se encuentra en un rango de 165 a 170cm.

Tabla 11. Filtro de talla exacta.

ESTATURA (cm)	FRECUENCIA
155	4
156	1
157	2
158	1
159	1
160	7
162	2
163	1
164	5
165	11
167	8
168	8
169	1
170	11
172	4
175	3
177	1
178	3
179	2
180	1
189	1
190	1
191	1
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>



**3.3.7.7 De acuerdo al deporte que practican.** Se puede verificar la variedad de deportes que entrenan las personas encuestadas, se nota la poca frecuencia del entrenamiento en bicicleta, lo que probablemente limite el seguimiento de la investigación.

Tabla 12. Filtro de acuerdo al deporte practicado.

¿QUÉ DEPORTE PRACTICA CON MÁS FRECUENCIA?	
FRECUENCIA DEPORTIVA	FRECUENCIA
Aeróbicos	1
Voleibol	8
Natación	7
Caminar	4
Futbol	5
Caminata	1
Nadar	1
Ninguno	18
En el gimnasio	1
Gimnasio	9
Ciclismo	1
Aeróbicos y abdominales	1
Fútbol	3
Patinaje	2
Baile deportivo	1
Tenis	2
Elíptica	1
Baloncesto	3
Trotar y elíptica	1
Trotar	2
Fútbol y baloncesto	1
bicicleta	2
Caminar y baile	1
Fútbol y natación	1
Rugby y gimnasio	1
Baile-futbol	1
Trote y aeróbicos	1
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>

El rango se margina en una intensidad máxima de 3 días, mayor a la equivalente de quienes no hacen deporte, lo que aduce a una población con buena disciplina deportiva (ver Tabla 13).

Tabla 13. Frecuencia deportiva.

¿CUÁNTAS VECES EN LA SEMANA PRACTICA DICHO DEPORTE?	
ESTADO FÍSICO	FRECUENCIA
No hace deporte	16
1 día	23
2 días	21
3 días	12
4 días	1
5 días	1
Todos los días	6
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>

**3.3.7.8 Si practican o no, en bicicleta.** Se tiene pues un 42.5% de las personas encuestadas con bicicleta, de las cuales un 88% son mujeres y un 12% son menores de edad (ver Tabla 14) La bicicleta más utilizada, es la tipo híbrida o todo terreno, la cual representa una mayor fidelidad y de acuerdo al margen femenino, se verifica que es la preferida (ver Tabla 15). El 75% de las 34 personas que poseen bicicleta practican el deporte, pero tienen cercanía en un gimnasio o en una bicicleta elíptica en el hogar, el 25% correspondiente a personas que practican al menos 1 día en bicicleta (ver Tabla 16). Estas personas son las seleccionadas para el desarrollo de las siguientes pruebas.

Tabla 14. Cantidad de encuestados con bicicleta.

¿POSEE BICICLETA?	
BICICLETA	FRECUENCIA
Sí	34
No	46
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>

Tabla 15. Tipos de bicicleta.

¿QUÉ TIPO DE BICICLETA POSEE?	
TIPO	FRECUENCIA
Ninguna	46
Cross	5
Elíptica	1
Híbrida	26
Playera	1
Urbana	1
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>

Tabla 16. Frecuencia de uso de bicicleta.

¿CON QUÉ FRECUENCIA MONTA BICICLETA EN LA SEMANA?	
PRUEBA	FRECUENCIA
No monta bicicleta	60
1 día	8
2 días	4
3 días	4
5 días	1
Todos los días	3
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>

Para el desarrollo de las pruebas se construyó la Tabla17, en la cual se consignó los datos de acuerdo a la selección de las personas<sup>56</sup>

Tabla 17. Forma 1 de prueba física.

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO ELECTROMECÁNICO QUE APROVECHE EL MOVIMIENTO DE EXTREMIDADES INFERIORES PARA RECARGAR CELULARES**



DATOS PERSONALES										
NOMBRE:						IDENTIFICACIÓN:				
EDAD:		PESO (Kg):		TALLA (cm):		TMB (cal):				
FUERZA (N):										
INFORMACIÓN BÁSICA DEPORTIVA										
1. ¿Con que frecuencia hace ejercicio en la semana?				Todos los días		5 días	1 día	No		
2. ¿Qué tipo de deporte practica?										
3. ¿Con que frecuencia lo practica?				Todos los días		5 días	1 día	No		
4. ¿Posee bicicleta?		5. ¿Qué tipo de bicicleta posee?								
6. ¿Con que frecuencia monta bicicleta?				Todos los días		5 días	1 día	No		
PRUEBA FÍSICA I*										
t	N	T	Wm	Vm	Em	Pm	Wg	Vg	Eg	Pg
0,5										
1,0										
1,5										
2,0										
2,5										
3,0										
PRUEBA FÍSICA II**										
n	N	t	Wm	Pm	Wg	Pg				
1										
2										
3										
4										
5										

**FICHA TÉCNICA\*\*\***

Fecha: \_\_\_\_\_

Responsable: \_\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

\*\*\* Al firmar este documento, nos autoriza evaluar su potencial deportivo, a demás de hacer responsable de su salud mientras realiza la prueba, debido a su capacidad y no exigencia nuestra para obtener un resultado en particular.

\* Prueba estática con bicicleta, se toma muestra de la cantidad de energía que produce la actividad con el mínimo valor de pérdidas.  
 \*\* Prueba en movimiento con bicicleta y recorrido conocido, se toma muestra de la energía generada con los valores reales de fricción

**3.3.7.9 Selección de prueba.** De acuerdo con los estudios realizados hasta el numeral 3.3.7.8 se selecciona este grupo de personas (ver Tabla 18) por practicar como mínimo un día a la semana bicicleta en cualquier tipo de modalidad, tenga o no bicicleta. De las personas seleccionadas se identifican los mismos patrones de estudio, de la encuesta general.

<sup>56</sup> Microsoft Excel. Encuesta Virtual. SELECCIÓN PRUEBA I-II

Tabla 18. Selección de personas para las pruebas.

NOMBRE COMPLETO	IDENTIFICACIÓN	EDAD (años)	PESO (kg)	ESTATURA (cm)	¿QUÉ DEPORTE PRACTICA CON MÁS FRECUENCIA?	¿CUÁNTAS VECES EN LA SEMANA PRACTICA DICHO DEPORTE?	¿POSEE BICICLETA?	¿QUÉ TIPO DE BICICLETA POSEE?	¿CON QUÉ FRECUENCIA MONTA BICICLETA EN LA SEMANA?	TMB (cal)	FUERZA (N)
Luisa Fernanda Vargas Morales	1037604619	21	65	165	Natación	3 días	Sí	Cross	1 día	871,3	71,5
Juliana Gómez Cardoso	1037605236	22	40	155	Natación	2 días	Sí	Híbrida	1 día	609,6	44
Carlos Andrés López Quintero	8161461	29	84	191	Ciclismo	2 días	Sí	Híbrida	2 días	1974,6	92,4
Yaneth Restrepo	43875860	30	59	167	Gimnasio	2 días	Sí	Híbrida	1 día	774,8	64,9
Xiomara Gómez Escobar	1037614217	20	56	165	Patinaje	1 día	Sí	Elíptica	1 día	789,6	61,6
Alejandra Tabares	1037598028	22	46	158	Baile deportivo	1 día	Sí	Híbrida	1 día	672,3	50,6
Liliana Areiza	1017129828	25	57	170	Tenis	1 día	Sí	Híbrida	1 día	784,2	62,7
Laura Ortiz Sánchez	94100312691	17	49	170	Ninguno	Todos los días	Sí	Playera	Todos los días	745	53,9
Mónica Becerra Ocampo	95010118612	17	64	168	Voleibol	2 días	Sí	Híbrida	3 días	885,6	70,4
Marisol García López	1036632556	21	63	179	Caminar	Todos los días	Sí	Híbrida	2 días	875,9	69,3
Carlos Eduardo López Cabal	95092622160	16	48	172	Voleibol	2 días	Sí	Híbrida	Todos los días	1474,8	52,8
Grace Portela	1110446509	25	58	156	bicicleta	2 días	Sí	Híbrida	2 días	770	63,8
Girlesa Puerta	1110522580	25	58	155	bicicleta	2 días	Sí	Híbrida	2 días	768,3	63,8
Leidy Yuliana Betancur Cortes	1087552811	21	60	162	Ninguno	Todos los días	Sí	Híbrida	3 días	818,2	66
Andrea Franco García	96010118376	16	50	168	Gimnasio	2 días	Sí	Ninguna	3 días	755,9	55
Julián Morales Ramírez	1036626723	22	67	172	Fútbol y natación	1 día	Sí	Híbrida	1 día	1694,3	73,7
Jaime Bustamante	94100911803	17	71	170	Fútbol	3 días	Sí	Cross	1 día	1773,1	78,1
Tatiana Londoño Morales	1037627372	18	53	160	Trotar	2 días	Sí	Cross	3 días	761,7	58,3
Anderson Arenas	1037622700	20	70	172	Fútbol	No hace deporte	No	Ninguna	Todos los días	1749	77
Yeimy Xiomara Venegas Ruiz	43758972	33	64	167	Voleibol	2 días	No	Ninguna	5 días	808,7	70,4

**3.3.7.10 Discriminación general de datos.** Sigue primando la mayoría de edad en la participación (ver Tabla 19). La participación femenina no supera el porcentaje obtenido en el estudio general, pero mantiene la consigna deportiva de la mujer (ver Tabla 20).

- Por mayoría de edad

Tabla 19. Seleccionados, filtro mayoría de edad.

Personas	
Menores de edad	Mayores de edad
Laura Ortiz Sánchez	Luisa Fernanda Vargas Morales
Mónica Becerra Ocampo	Juliana Gómez Cardoso
Carlos Eduardo López Cabal	Carlos Andrés López Quintero
Andrea Franco García	Yaneth Restrepo
Jaime Bustamante	Xiomara Gómez Escobar
	Alejandra Tabares
	Liliana Areiza
	Marisol García López
	Grace Portela
	Girlesa Puerta
	Leidy Yuliana Betancur Cortes
	Julián Morales Ramírez
	Tatiana Londoño Morales
	Anderson Arenas
	Yeimy Xiomara Venegas Ruiz
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>
	<b>15</b>
	<b>20</b>

- Por género

Tabla 20. Seleccionados, filtro género.

Género		
	Masculino	Femenino
	Carlos Andrés López Quintero	Luisa Fernanda Vargas Morales
	Carlos Eduardo López Cabal	Juliana Gómez Cardoso
	Julián Morales Ramírez	Yaneth Restrepo
	Jaime Bustamante	Xiomara Gómez Escobar
	Anderson Arenas	Alejandra Tabares
		Liliana Areiza
		Laura Ortiz Sánchez
		Mónica Becerra Ocampo
		Marisol García López
		Grace Portela
		Girlesa Puerta
		Leidy Yuliana Betancur Cortes
		Andrea Franco García
		Julián Morales Ramírez
		Tatiana Londoño Morales
		Anderson Arenas
		Yeimy Xiomara Venegas Ruiz
TOTAL	5	17
		22

**3.3.7.11 Filtro de datos.** La cantidad de mujeres mayores de edad supera la minoría de edad, puede hacer parte del medio de encuentro para la encuesta, debido a que fue vía virtual, y el acceso a menores de edad, quizá pueda ser restringido (ver Tabla 21)

- Mujeres por mayoría de edad

Tabla 21. Seleccionados, filtro mujeres- mayoría de edad.

Femenino		
	Menores de edad	Mayores de edad
	Laura Ortiz Sánchez	Luisa Fernanda Vargas Morales
	Mónica Becerra Ocampo	Juliana Gómez Cardoso
	Andrea Franco García	Yaneth Restrepo
		Xiomara Gómez Escobar
		Alejandra Tabares
		Liliana Areiza
		Marisol García López
		Grace Portela
		Girlesa Puerta
		Leidy Yuliana Betancur Cortes
		Tatiana Londoño Morales
		Yeimy Xiomara Venegas Ruiz
TOTAL	3	12
		15

- Hombres por mayoría de edad

Tabla 22. Seleccionados, filtro hombres- mayoría de edad.

Masculino		
	Menores de edad	Mayores de edad
	Carlos Eduardo López Cabal	Carlos Andrés López Quintero
	Jaime Bustamante	Julián Morales Ramírez
		Anderson Arenas
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
		<b>5</b>

### 3.3.7.12 De acuerdo a su edad

Tabla 23. Seleccionados, filtro edad exacta.

EDAD (años)	FRECUENCIA
16	2
17	3
18	1
20	2
21	3
22	3
25	3
29	1
30	1
33	1
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>

### 3.3.7.13 De acuerdo a su peso

Tabla 24. Seleccionados, filtro peso exacto.

PESO (Kg)	FRECUENCIA
40	1
46	1
48	1
49	1
50	1
53	1
56	1
57	1
58	2
59	1
60	1
63	1
64	2
65	1
67	1
70	1
71	1
84	1
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>

### 3.3.7.14 De acuerdo a su talla

Tabla 25. Seleccionados, filtro talla exacta.

ESTATURA (cm)	FRECUENCIA
155	2
156	1
158	1
160	1
162	1
165	2
167	2
168	2
170	3
172	3
179	1
191	1
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>



El análisis de la Tabla 23, Tabla 24 y Tabla 25; hacen relación a una moda poco específica, en donde se evidencia que la edad oscila entre los 16 y 33 años, el peso entre 40 y 80kg y la estatura en amplio margen.

Sometiendo a los criterios evaluados en la encuesta general, se puede pasar a la evaluación por pruebas, con estas 20 personas, citadas en el Velódromo Martín Emilio “Cochise” Rodríguez ubicado en Medellín en la Calle 47 D # 75 – 262 (Antioquia, Colombia); el Miércoles 4 de Abril de 2012 a las 9am, orientados por el Campeón Mundial y entrenador deportivo Efraín Domínguez Rueda, con la Autorización del Sr. Álvaro González Vélez, entrenador de la Liga Antioqueña de Ciclismo.

### 3.3.8 Pruebas realizadas

**3.3.8.1 Prueba I.** Prueba estática con bicicleta, se toma muestra de la cantidad de energía que produce la actividad con el mínimo valor de perdidas.

Con la bicicleta seleccionada en el numeral 3.1.2, se realizará sobre una base sujeta al suelo una prueba de resistencia estática. Aquí se podrá evaluar el rendimiento supuesto del alternador cuando se ejecute un ejercicio en el modelo sugerido en la Figura 15, el cual indica la relación de radios entre el pedal, rin trasero y generador.

Con las 20 personas que participaron en las pruebas se tomo un registro de datos en la Tabla 17; Tabulado en la Tabla 26.

Tabla 26. Recolección datos Prueba I.

Luisa Fernanda Vargas Morales					TMB (cal):	871,3	FUERZA (N):	71,5	ID:	1037604619
t (min)	N (veces)	T (Nm)	Wm (rpm)	Vm (m/min)	Em (joule)	Pm (Watt)	Wg (rpm)	Vg (m/min)	Eg (joule)	Pg (Watt)
0,5	31	13,585	62	5,58	6,66183673	842,27	1785,6	44,64	53,29469388	115,222536
1	62	13,585	62	5,58	3,33091837	842,27	1785,6	44,64	26,64734694	115,222536
1,5	92	13,585	61,3333333	5,52	2,19673469	833,2133333	1766,4	44,16	17,57387755	113,983584
2	119	13,585	59,5	5,355	1,59830357	808,3075	1713,6	42,84	12,78642857	110,576466
2,5	148	13,585	59,2	5,328	1,27219592	804,232	1704,96	42,624	10,17756735	110,0189376
3	172	13,585	57,3333333	5,16	1,02673469	778,8733333	1651,2	41,28	8,213877551	106,549872

De la tabla se evaluó la cantidad de RPM generadas por cada entrevistado, se midió la fuerza con un dinamómetro estacionado en la biela de la bicicleta, y se calculó de acuerdo a los datos de la encuesta general, el TMB a vencer en la prueba.

Luego se evaluó cada variable de acuerdo a los criterios de su condición de minoría de edad (ver Figura 17), género (ver Figura 18), edad (ver Figura 21) peso (ver Figura 22) y talla (ver Figura 23) y de acuerdo a la autorización para realizar dicha prueba.

De acuerdo a la condición de minoría de edad se evidencia un rango de similitud no variable en el tiempo debido a que la edad promedio a 17 años.

Figura 17. Capacidades por persona.

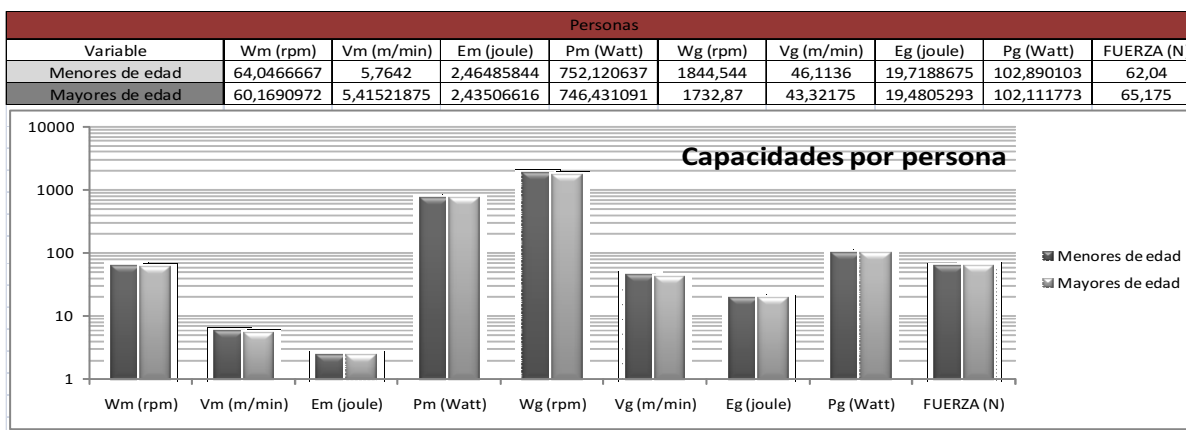


Figura 18. Capacidades por género.

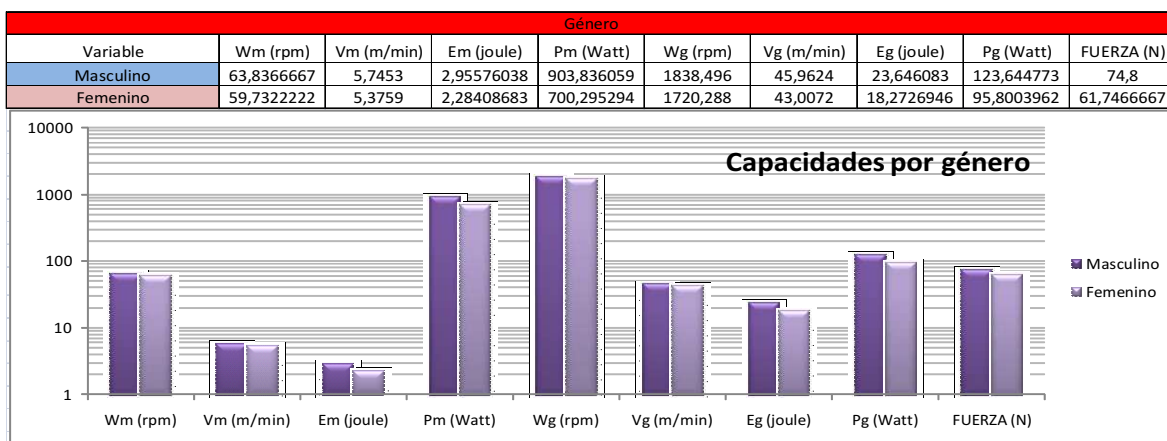


Figura 19. Edad mujeres.

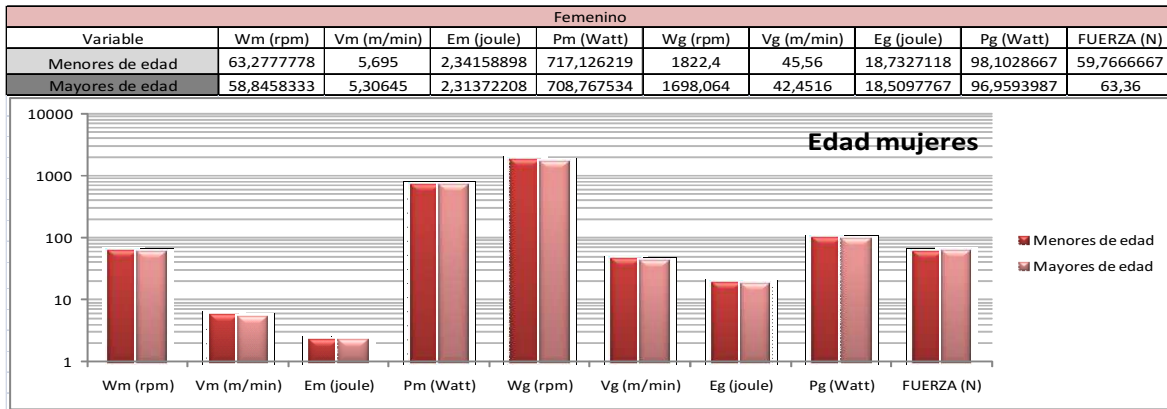


Figura 20. Edad hombres.

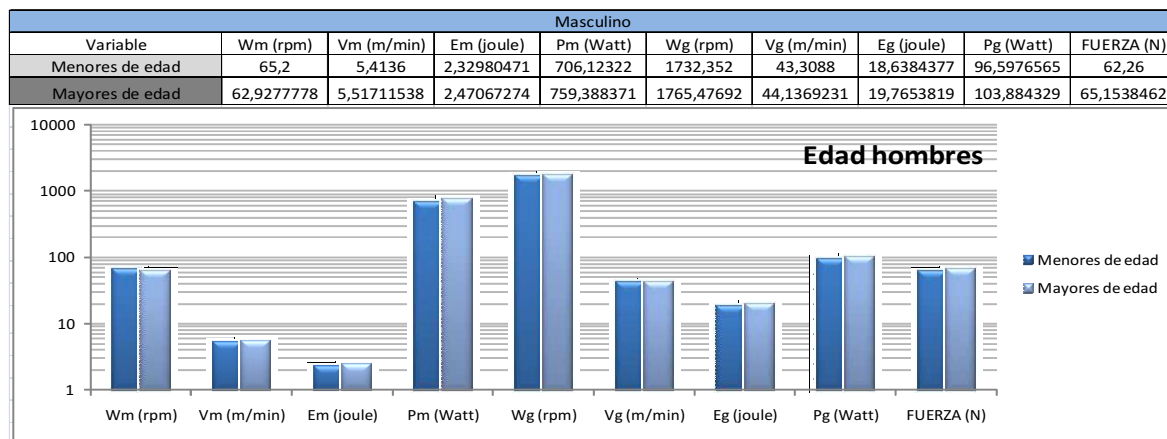


Figura 21. Capacidades por edad.

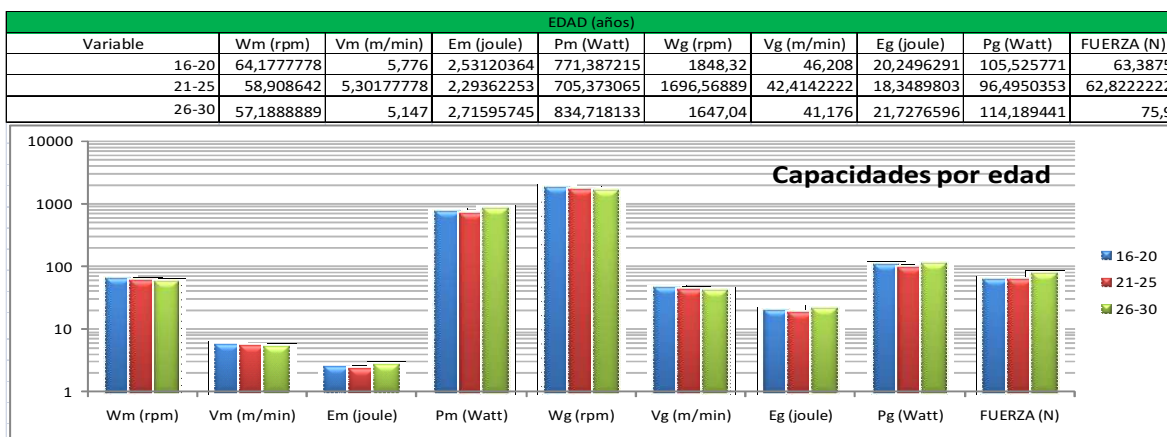


Figura 22. Capacidades por peso.

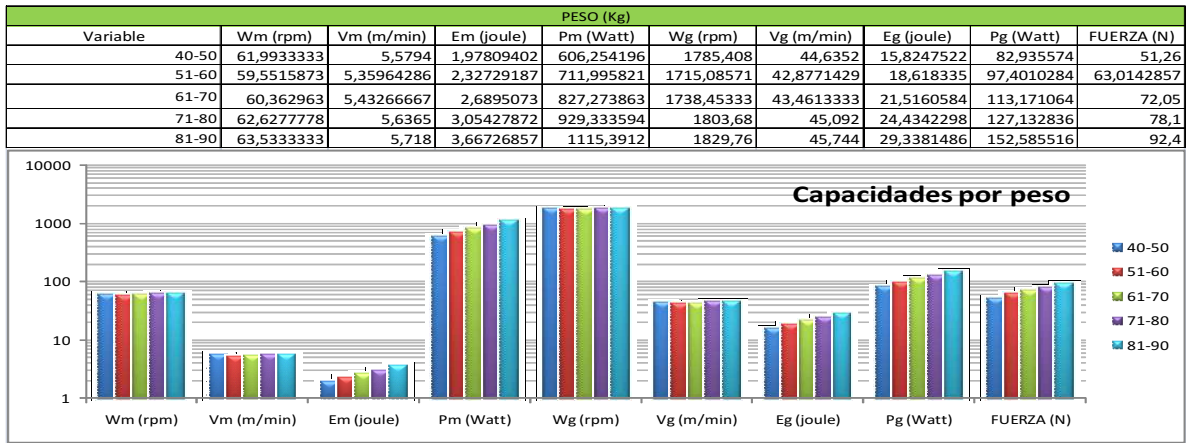
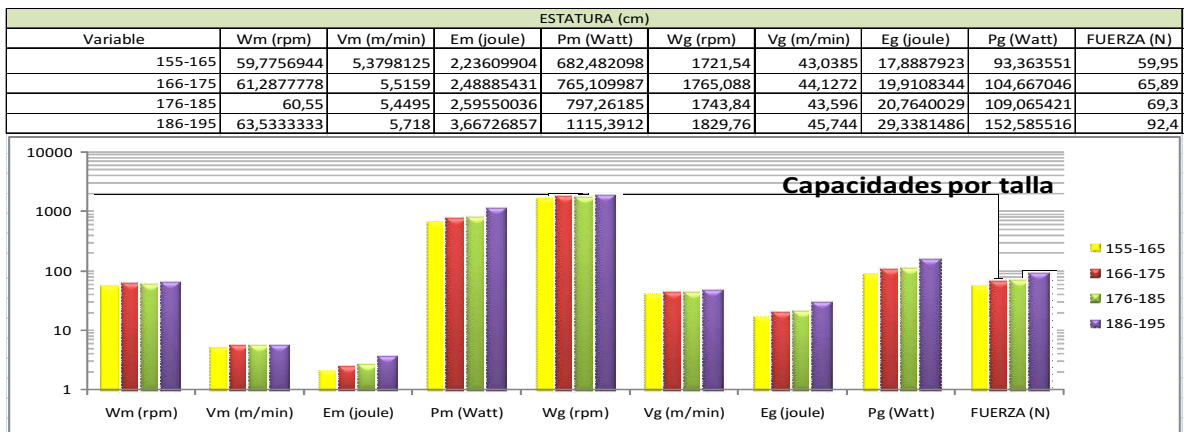


Figura 23. Capacidades por talla.



De acuerdo a cada variable se puede ver una moda constante en cada estudio, garantizando un modelo general no muy cambiante a pesar de la edad y el talla, sobre todo en la fuerza generada por el peso, ya que con esta se podrá verificar el diseño y prevención de daño del generador.

Esto refleja que según los resultados de la prueba I la velocidad que debe alcanzar como mínimo el rotor del generador debe ser de 1700 RPM, la potencia que debe suministrar el Generador como motor de estar por encima de los 80 Watt, es decir 0.1 HP

**3.3.8.2 Prueba II.** Prueba en movimiento con bicicleta y recorrido conocido, se toma muestra de la energía generada con los valores reales de fricción.

En terreno conocido se evalúa el comportamiento real de la bicicleta considerando un modelo no sustentado en el documento; se implementa la prueba para verificar las condiciones estrictamente reales de la funcionalidad del modelo de la Figura 24 con sus respectivas medidas discriminadas en la Tabla 27.

Figura 24. Velódromo Martín Emilio “Cochise” Rodríguez.



Tabla 27. Medidas del velódromo Martín Emilio “Cochise” Rodríguez.

Longitud	25000(cm)
Ancho	650(cm)
Inclinación Mínima	8,51º
Inclinación Máxima	45º
Recta	3747(cm)
Curva	8753(cm)
Costa Azul	120(cm)
Velocidad Mínima	15KPH
Velocidad Media	54KPH
Velocidad Máxima	97KPH

Con las 20 personas que participaron en las pruebas se tomo un registro de datos en la Tabla 17. Tabulado en la Tabla 28.

Tabla 28. Ejemplo de datos seleccionados, para Prueba II.

Luisa Fernanda Vargas Morales			Torque (Nm):	13,585	ID:	1037604619
n (Vueltas)	N (Veces)	t (min)	Wm (rpm)	Pm (Watt)	Wg (rpm)	Pg (Watt)
1	153	2,4677	62,00105361	842,284313	1785,63034	115,2244941
2	306,06	4,5420	67,38441215	915,417239	1940,67107	125,2290783
3	459,00325	7,4032	62,00065512	842,2789	1785,61887	115,2237535
4	612,458	9,5874	63,88155287	867,830896	1839,78872	118,7192665
5	765,9823	12,3545	62,00026711	842,273629	1785,60769	115,2230324

De la tabla se evaluó la cantidad de RPM generadas al desplazarse por la pista, midiendo con un encoder la cantidad de giros de la llanta delantera de bicicleta, la cual posee las mismas dimensiones de la trasera, y se contabilizo el tiempo con un Tacómetro digital, con cronómetro incluido. Luego se evaluó cada variable de acuerdo a los criterios de su condición de minoría de edad (ver Figura 25), género (véanse Figura 26, Figura 27 y Figura 28), edad (ver Figura 29), peso (ver Figura 30) y talla (ver Figura 31) y de acuerdo a la autorización para realizar dicha prueba.

Figura 25. Capacidad por persona Prueba II.

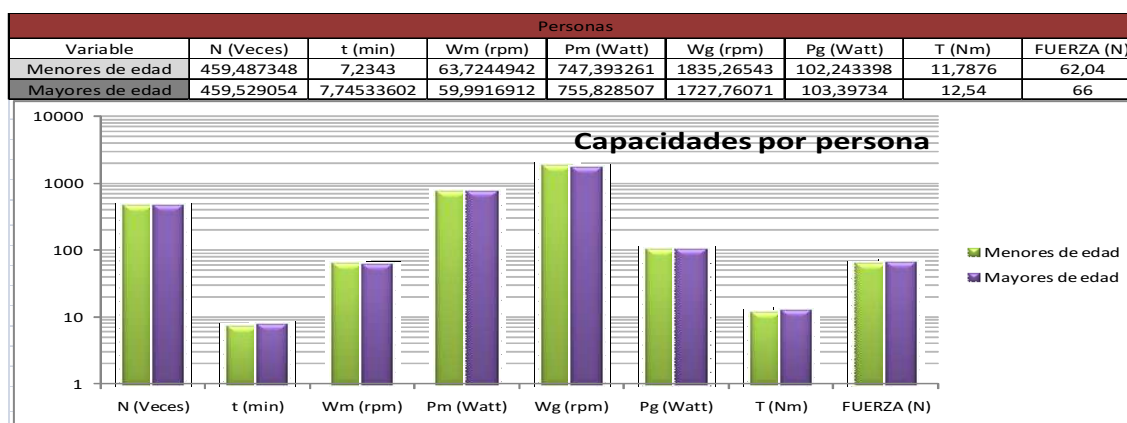


Figura 26. Capacidad por género Prueba II.

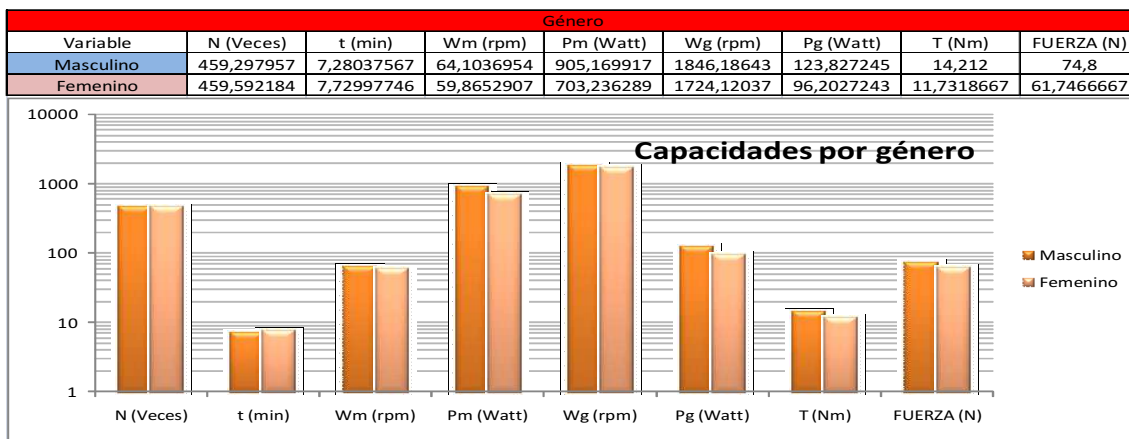


Figura 27. Edad mujeres Prueba II.

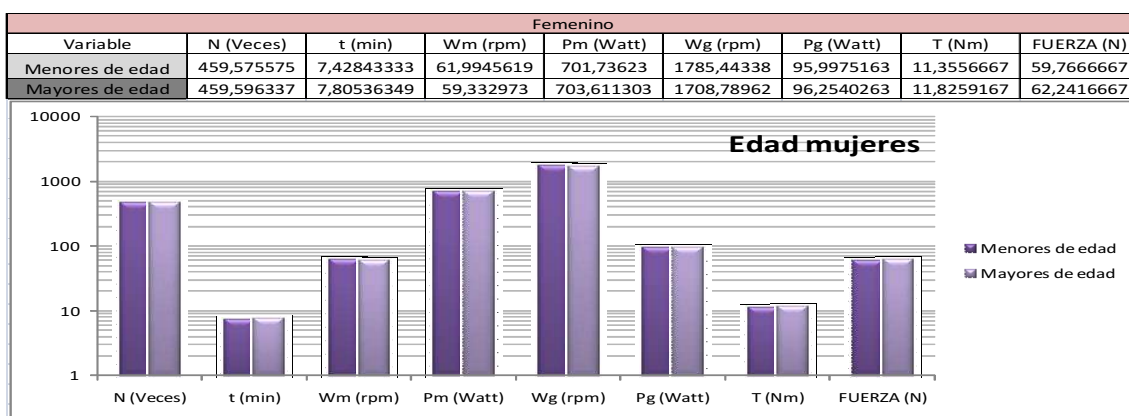


Figura 28. Edad hombres Prueba II.

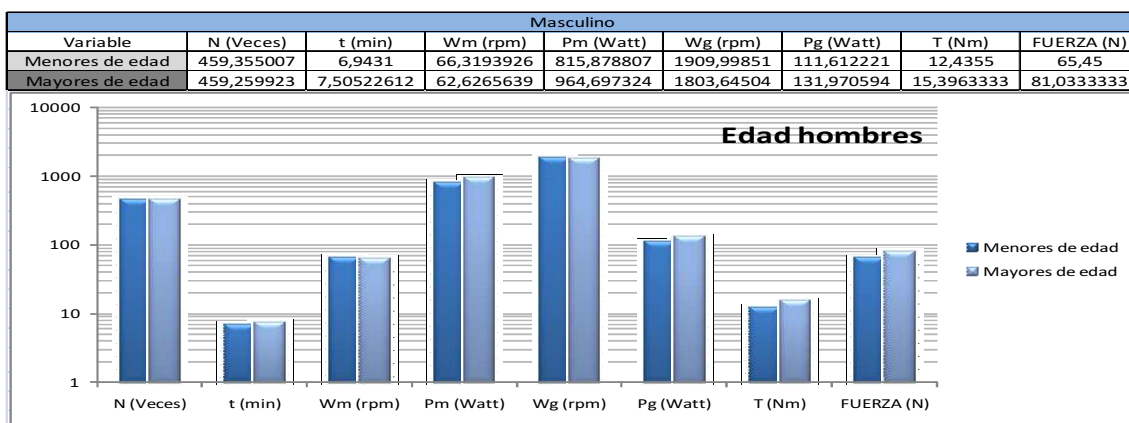


Figura 29. Capacidad por edad, filtro Prueba II.

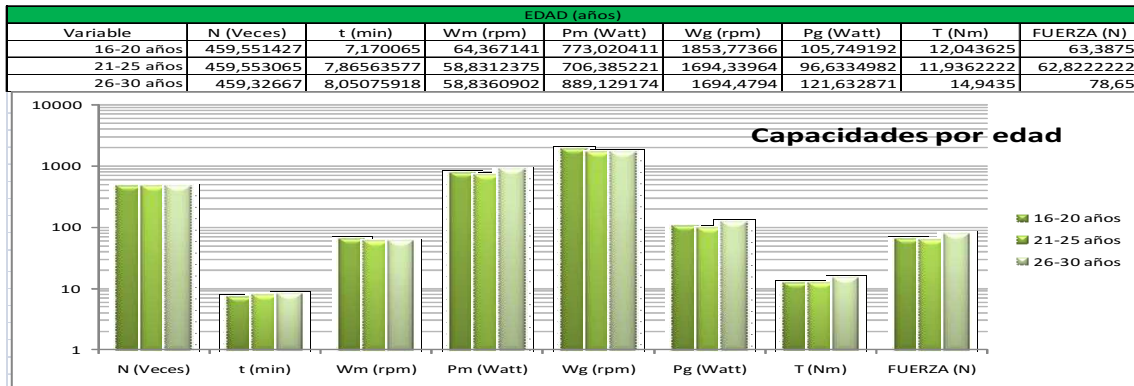


Figura 30. Capacidad por peso, filtro Prueba II.

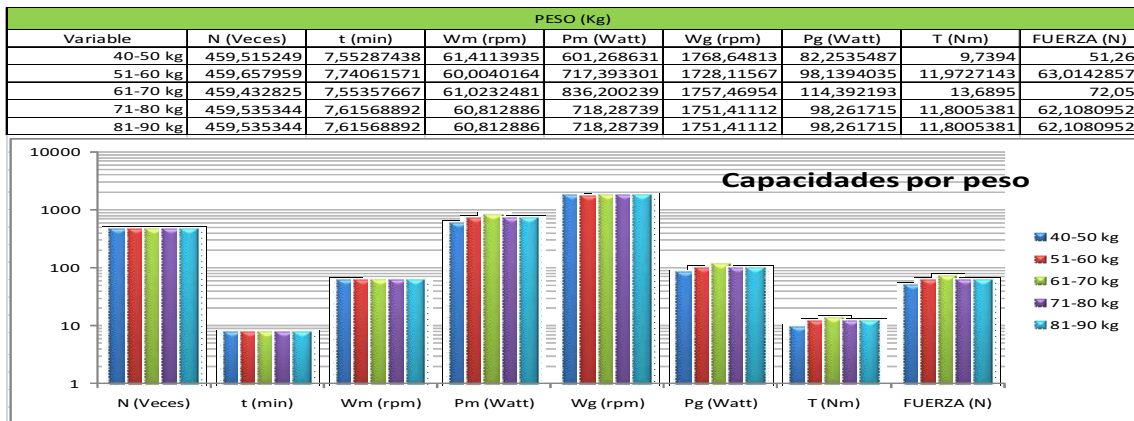
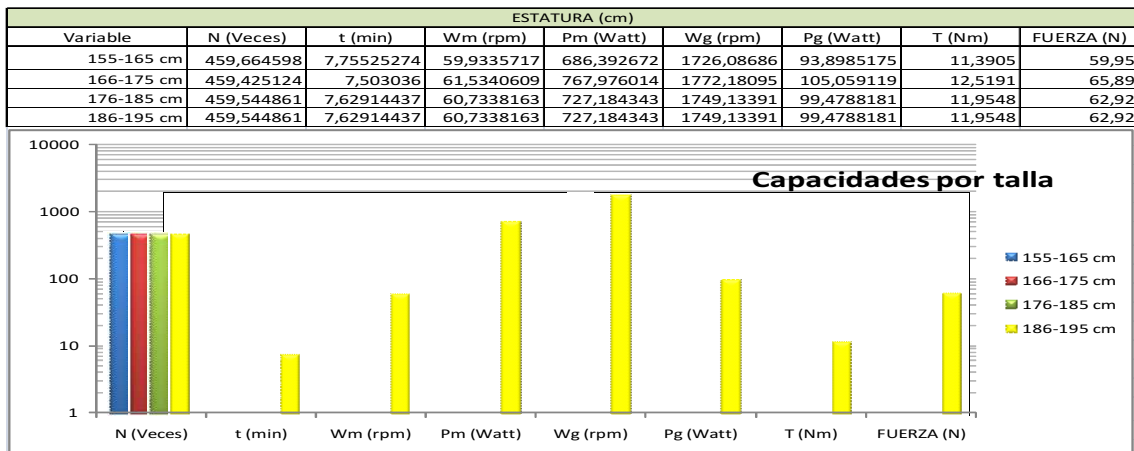


Figura 31. Capacidad por talla, filtro Prueba II.





Esto refleja que según los resultados de la prueba II la velocidad que debe alcanzar como mínimo el rotor del generador debe ser de 1600 RPM, la potencia que debe suministrar el Generador como motor de estar por encima de los 80 Watt, es decir 0.1 HP

**3.3.9 Análisis de resultados.** Las dos pruebas anteriores indican que el generador debe soportar una velocidad de 1600 RPM mínimo, luego su potencia de motor debe ser no inferior a 0.1 HP; de esta manera sea una persona de 40kg o 100kg, soportara la misma carga y no necesitará corriente extra, y si es una persona con mayor habilidad y desea superar las instancias, no habrá daño en el rotor por sobrecarga en el mismo.

### **3.4 CONSTRUCCION Y DEVANADO DE LAS MAQUINAS<sup>57</sup>**

**3.4.1 Posibilidades de las maquinas.** Las maquinas eléctricas rotatorias tienen dos formas de funcionamiento básico, una es cuando convierten la energía mecánica en energía eléctrica, a esto se le llama un generador y la otra es cuando convierten la energía eléctrica en energía mecánica, llamado comúnmente como motor. El generador necesita de una fuente de energía mecánica para poder poner a funcionar el sistema conformado por la dinamo y los conductores, generando la energía eléctrica, lo cual es contrario para el motor, en este se suministra energía eléctrica para hacer realizar un movimiento y producir energía eléctrica. Tanto en el generador como en el motor, hay un movimiento relativo entre el campo magnético y los conductores de la maquina, esto dando lugar a las posibilidades de quien es el rotor y quien es el estator, para esto se necesita el inducido o el inductor, las diferentes posibilidades que se tienen son las siguientes:

- La maquina como corriente continua (c.c), que tiene un inducido móvil y un inductor fijo.
- La maquina síncrona (c.a), con inducido móvil y un inductor fijo.
- La maquina síncrona (c.a), con un inductor móvil y un inducido fijo.
- La maquina asíncrona (c.a), en la que los devanados del inducido son tanto fijos como móviles.

Para el generador escogido para el desarrollo del proyecto se tomo una maquina de corriente continua, que posee un inducido móvil y un estator o inductor fijo, se

---

<sup>57</sup>KOSOW, Irving L. Máquinas Eléctricas Y Transformadores, Segunda Edición. Editorial: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México: 1993. 707 P.

escoge de corriente continua debido a que no es necesario utilizar circuitos para la transformación de la energía, como sería necesario con una maquina de corriente alterna, y así poder almacenarla directamente en un banco de baterías o una batería; además los circuitos de recarga de celulares necesitan alimentación en corriente directa, solo para la alimentación y funcionamiento de los dispositivos como son las fuentes, por esto, a continuación se dará importancia y explicación a la maquina como corriente continua.

**3.4.1.1 Construcción de la máquina de corriente continua.** Para una maquina de corriente continua su rotor consta de:

- El eje del inducido, el cual es el centro de rotación del inducido, con sus componentes, devanado y colector.
- El núcleo del inducido, éste está conformado por múltiples capas de laminas de acero, que proporcionan un camino magnético entre los polos. El acero utilizado para las laminas magnéticas reducen considerablemente las perdidas por histéresis y las chapas reducen las corrientes parasitas.
- El núcleo del inducido posee unas ranuras, en estas va el devanado del inducido, es un cable de cobre, regularmente, en forma de bobinas, que están aisladas del núcleo y de ellas mismas.
- Las bobinas van conectadas al colector, parte muy importante del rotor, pues es quien posee la conmutación entre rotor y estator, este está conformado por delgas de cobre, los cuales están aislados entre si y van conectados a las bobinas del inducido.

El inducido rotor de una maquina de corriente continua tiene cuatro funciones principales:

- Permite y facilita la rotación necesaria para poder ser un generador o motor.
- Realiza las maniobras necesarias para la conmutación rotor-estator.
- Contiene los conductores en los que se induce una tensión o que proporcionan un par de fuerza electromagnética.
- Proporciona un camino de baja reluctancia para el flujo magnético.

Para una máquina de corriente continua su estator consta de:

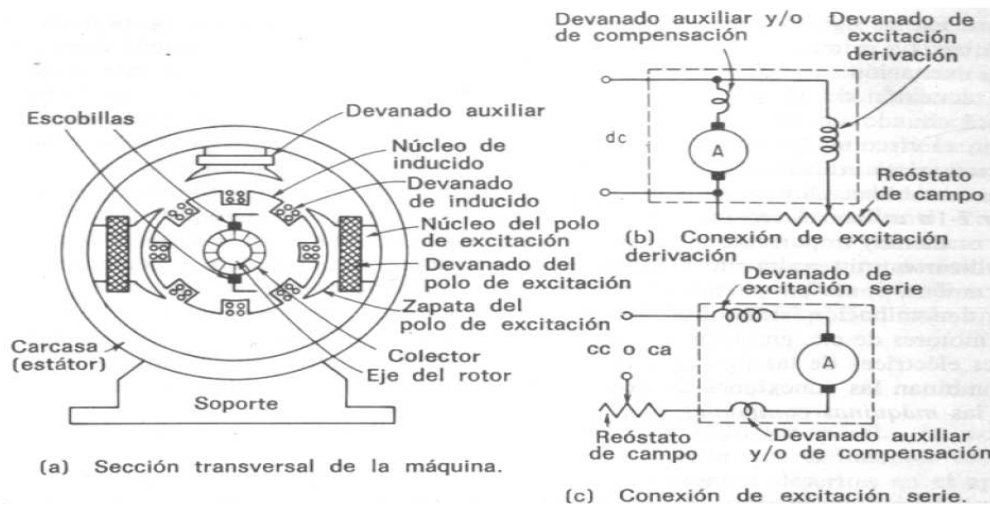
- Un yugo o carcasa cilíndrica de acero fundido o laminado. Importante como soporte de las partes anteriormente descritas, además de que proporciona un camino de retorno para el flujo en el circuito magnético.
- El anterior flujo magnético es generado por los devanados de excitación, que dependiendo de la cantidad de espiras sirve como excitación serie o shunt. Estos devanados son electroimanes que proporcionan una fuerza magnetomotriz que produce el flujo en el entrehierro necesario para la fuerza electromotriz ( $f_{em}$ ).
- Los polos de excitación, donde van situados los devanados de excitación, los cuales son hechos de chapa de acero y reforzados con pernos o soldados a la carcasa con un conjunto de devanados de excitación.
- Los polos auxiliares y sus devanados, están situados cerca a la región del inducido igual que los de excitación, pero en medio de los principales y de menor tamaño; este posee menos espiras de hilo, debido a su conexión en serie con el inducido.
- Los devanados de compensación, normalmente conectados de la misma forma de los devanados interpolares y de uso opcional, están situados en las ranuras axiales de la zapata del polo de excitación.
- Escobillas y porta escobillas, forman parte del circuito del inducido, en conjunto con los devanados de compensación y los auxiliares. las escobillas formadas por carbono y grafito, mantienen un contacto permanente con las delgas del rotor y están fijadas al estator, el cual posee un muelle que hace que tengan ese contacto.
- Detalles mecánicos, son las uniones entre el eje del inducido con las extremidades del estator.

La Figura 32 muestra los principales componentes, ya explicados anteriormente, que posee una maquina de corriente continua y las conexiones de sus devanados dependiendo de su conexión<sup>58</sup>.

---

<sup>58</sup>KOSOW, Irving L., Maquina Eléctricas y Transformadores, Editorial Reverté S.A, capítulo 2, pág. (45-47).

Figura 321. Especificaciones de la máquina de corriente continua.

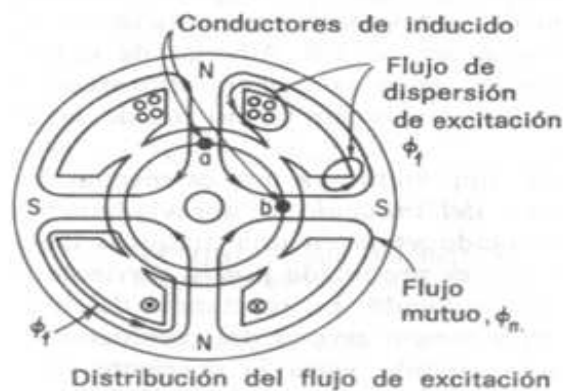


**3.4.2 Circuitos y campos magnéticos de la maquina c.c.** Como se vio anteriormente, las maquinas están compuestas principalmente de tres elementos esenciales, que son:

- Un devanado que produce el campo magnético.
- Un devanado de circulación de la corriente.
- Un movimiento entre los devanados anteriores.

En la Figura 33 se muestra la distribución del flujo producido en una maquina eléctrica con estator tetra-polar y inducido rotatorio.

Figura 33. Distribución de flujo de excitación.



Sin importar que sea un motor o un generador, el flujo útil es el que se concatena con los conductores unidos a la carcasa del motor y los del inducido en el mismo momento, este flujo es denominado “flujo mutuo”  $\varphi_m$ , este circula por todo el devanado de excitación de sur a norte, envolviendo proporcionalmente partes de las placas del inducido (ver Figura 31) también hay un flujo de dispersión no mutuo, es decir más corto, que no concatena al devanado de excitación y al inducido, solamente es un cambio entre el devanado de excitación del polo sur al devanado de excitación del polo norte, este se señala en la grafica como  $\varphi_f$ .

También hay un flujo que tiene su paso por el inducido,  $\varphi_m$ , sin tener nada que ver con el entrehierro, es decir, que hay dos tipos de flujo que tienen a existir en los motores que no necesitan del entrehierro y del flujo mutuo.

**3.4.3 Reactancia del inducido.** De los dos tipos de flujos de dispersión, anteriormente explicados, el de excitación es el menos significativo, la perdida que este genera puede ser compensado con el aumento en la intensidad de excitación, además, este flujo solo afecta el funcionamiento de la maquina por periodos cortos de tiempo, como en el arranque.

El flujo más importante es el flujo de dispersión del inducido, ya que es el encargado de que se dé el efecto de reactancia del inducido. La reactancia del inducido solo se determina por la corriente del inducido, la cual lo genera. Este efecto, es observable solo cuando varia ala corriente en el conductor. En las maquinas de corriente continua, la corriente del inducido varia solo por instantes de tiempo cortos, esto solo cuando se invierte la corriente del conductor. Los polos de conmutación, se utilizan, por la conmutación del conductor para la  $f_{em}$  de autoinducción.

**3.4.4 Cálculos de flujo magnético.** Para calcular los devanados de excitación es necesario, dividir el circuito magnético en sus componentes: núcleo polar, zapata polar, entrehierros, yugo, dientes del inducido, después, se relacionan los datos en una tabla que contenga, dimensiones (longitud media y sección transversal media), material, flujo total, densidad de flujo, fuerza magneto-motriz por parte y los amperios-vuelta totales por polo.

La intensidad del campo magnético de un camino cerrado es la suma de los amperios-vuelta que este camino concatena.

La ecuación matemática para la anterior ley (Ley del Circuito del Campo Magnético) se muestra en la Ecuación 39.

$$\varphi = \frac{0,4 * \pi * IN}{R} = 0,4 * \pi * \left( \frac{IN_1}{R_1} + \frac{IN_2}{R_2} + \frac{IN_3}{R_3} + \dots + \frac{IN_n}{R_n} \right) \quad (39)$$

En donde,  $\varphi$  es la intensidad de campo magnético, requerido para producir el par o la  $f_{em}$  en una maquina,  $R$  es la reluctancia del camino cerrado,  $R_1, R_2, etc.$  son las reluctancias individuales,  $IN$  son los amperios-vuelta o fuerza magneto-motriz producido mediante el devanado de excitación,  $IN_1, IN_2, etc.$  son las  $f_{em}$  individuales necesarias para vencer las reluctancias  $R_1, R_2, etc.$  a fin de originar líneas de flujo totales.

Las bobinas de excitación para maquinas tienen el mismo número de espiras por polo y las bobinas, para garantizar la misma  $f_{em}$  en el entrehierro ( $I_f N_f$ ), se conectan en serie. Estas bobinas se utilizan para equilibrar las perdidas en el cobre del entre hierro y el cobre utilizada para los devanados. Para no elevar los costos de desarrollo de la maquina, es necesario usar bobinas de excitación, para equilibrar las perdidas en el cobre de la excitación, el numero de espiras y corriente en el cobre para reducir los costos en tamaño y materiales.

Para los devanados de autoexcitación o de excitación independiente, necesitan de corriente continua para su funcionamiento. Por eso, son construidos de suficientes espiras e introducidas en núcleos de hierro, donde se origina un circuito altamente inductivo. La corriente  $i$  aumenta con relación a la Ecuación 40:

$$V_{dc} = iR + L \left( \frac{di}{dt} \right) \quad (40)$$

Donde  $V_{dc}$  es la tensión aplicada entre terminales del circuito de excitación,  $i$  corriente instantánea en el circuito de excitación,  $L$  es la inductancia del circuito de excitación,  $R$  es la resistencia del circuito de excitación y  $\frac{di}{dt}$  es la velocidad de crecimiento en el circuito de excitación.

Resolviéndola Ecuación 40 se tiene la Ecuación 41.

$$i = \frac{V_{dc}}{R} (1 - e^{-tR/L}) \quad (41)$$

Donde  $e$  es la constante 2.7182818 (la base de los logaritmos naturales).

Después de que la corriente aumenta hasta alcanzar el valor permitido, el devanado de excitación se vuelve constante y la resistencia del circuito de

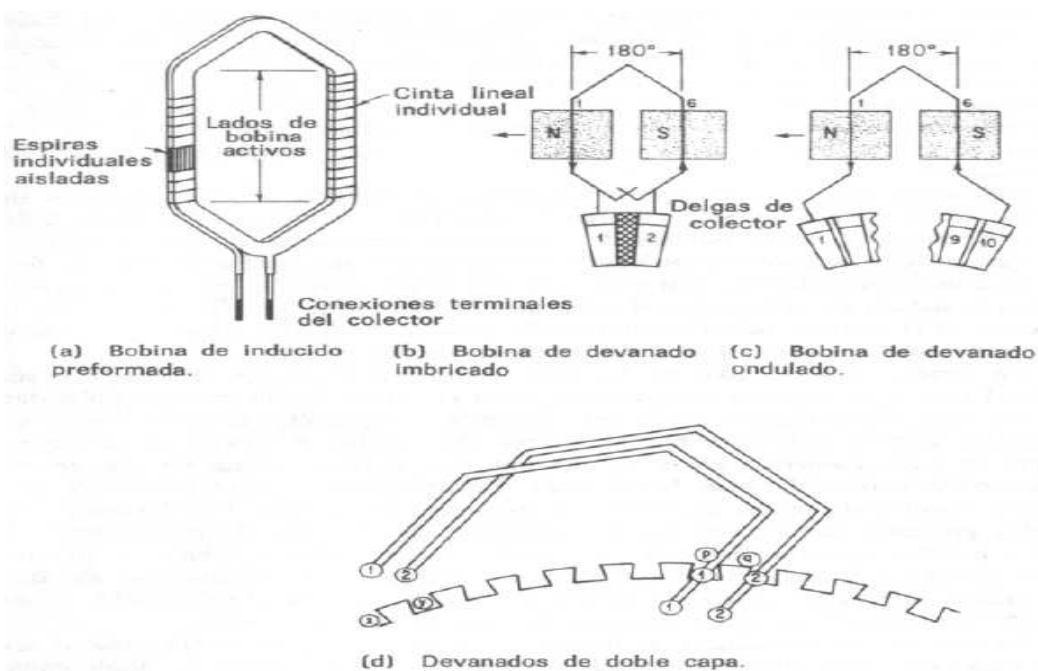
excitación la limita, generando así, el efecto inductivo del circuito de excitación donde ocurren tres hechos importantes que son transitorios; fluctuaciones en la potencia aplicada a ella, variación en la corriente de excitación debido al reóstato de campo o la eliminación de potencia en un circuito de excitación.

**3.4.5 Devanados de inducido.** Todos los devanados del inducido son de tipo liso y están distribuidos en ranuras entre el entrehierro del inducido, pero tiene dos tipos importantes según el tipo de cierre o reentrada del devanado: devanados de circuito cerrado, para las máquinas de corriente continua y los devanados de circuito abierto utilizados en máquinas de corriente alterna.

Sin importar la aplicación, los devanados del inducido consisten en unas bobinas preformadas; alojadas en las ranuras del inducido y conectadas entre sí para formar un devanado completo. Estas bobinas individuales están hechas de un hilo de cobre esmaltado lo cual lo aísla de contacto entre sí mismo u otras superficies. El número de conductores en una bobina cualquiera será el doble del número de espiras en la bobina.

La mayoría de bobinas del inducido abarca 180 grados eléctricos, es decir, desde el centro de un polo determinado hasta el centro de otro con polaridad opuesta, que físicamente es adyacente (ver Figura 32), esto se denomina como bobina de paso diametral, y una que abarque menos de 180 grados se denomina bobina de paso fraccionado.

Figura 34. Tipos de devanado de inducido para máquinas de corriente continua.

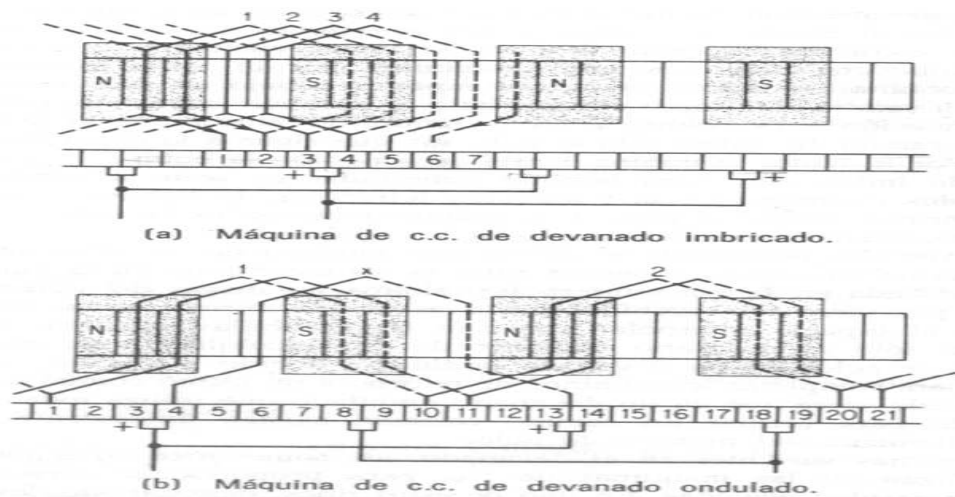


El arrollamiento de una bobina de paso fraccionado tienen el nombre de devanado de cuerdas, estos no necesitan tanto alambre como las bobinas de paso diametral, pero presentan las mismas características.

La mayoría de devanados del inducido son de doble capa, es decir que hay dos lados de bobina alojados en la misma ranura, como se muestra en la Figura 32. Donde hay dos bobinas una representada por la letra 1 y la otra por la letra 2, los lados derechos de las bobinas se representan por las letra p y q, respectivamente; inicialmente uno de los lados del devanado 1 se sitúa en una ranura (lado p), el segundo lado de esta bobina no se aloja en la ranura hasta que el lado p de la bobina sea ingresada a su respectiva ranura, después de esta, sigue el lado suelto de la bobina 1 y por último se sitúa el lado faltante de la bobina 2, y así sucesivamente si se tiene mayor cantidad de bobinas.; este fenómeno lo que hace es asegurar la resistencia contra las fuerzas centrifugas como igualdad entre las dimensiones, forma y peso de todas las bobinas.

**3.4.6 Devanado imbricado y ondulado.** En los dos tipos de devanados, como se muestra en la Figura 35, a un lado de la bobina está enfrentado al polo norte y el otro a el polo sur y si el campo se desplaza hacia la izquierda, la  $f_{em}$  inducida va a ser igual tanto para la bobina puesta en la ranura 1 como la de la ranura 6, sin importar el tipo de conexión que se utilice. Debido a que si es una conexión serie, debido a que se debe cerrar sobre sí mismo el bobinado, el último terminal de la bobina está conectado a la bobina adyacente en la primera delga del colector en cual se iniciaba el devanado, esto se puede visualizar en la figura siguiente en la grafica (a), donde el lado superior de la bobina está representada por una línea continua y la inferior por una misma pero discontinua:

Figura 35. Devanado imbricado y ondulado.





La anterior grafica, muestra también la conexión de las escobillas, con respecto a las bobinas. Como las escobillas tienen una posición concreta para la cantidad de estas que posea la maquina eléctrica, además, siempre va a estar en contacto con una bobina que experimenta la conmutación. En esta conmutación se reciben varias corrientes que llegan a las escobillas de todos los sentidos, por lo tanto cada escobilla en el devanado imbricado reciben corrientes de dos ramas.

En el devanado ondulado, para completar una rama entre escobillas, es necesario dar varias vueltas a los lados de las bobinas en serie a lo largo del inducido. Estos devanados se diferencian también, de los devanados imbricados, en que se conectan entre si las escobillas, llevando las delgas positivas a un punto en común, igual que para las delgas negativas; es importante recalcar, que el numero de escobillas mínimo es de dos, esto debido a que, las bobinas son las encargadas de cerrar el circuito, para el retorno en punto común de escobillas.

### 3.5 RELACIONES DE TENSIÓN EN LOS GENERADORES DE CC.<sup>59</sup>

**3.5.1 Generalidades.** Para el funcionamiento de una maquina como generador de corriente continua es necesario tres factores para la generación de la tensión necesaria:

- El par electromagnético.
- La tensión generada (inducida en el inducido) es la que origina corriente de inducido.
- La tensión generada (ver Ecuación 42).

$$E_g = V_a + I_a R_a \quad (42)$$

Donde  $V_a$  es la tensión existente en los bornes del inducido e  $I_a R_a$  es la caída de tensión en el inducido.

La tensión generada en el inducido,  $E_g$ , de la Ecuación 27 para la  $f_{em}$  total media incluida entre escobillas, se estableció la Ecuación 43.

$$E_g = \frac{\phi ZSP}{60a} * 10^{-8} V \quad (43)$$

---

<sup>59</sup>KOSOW, Irving L. Máquinas Eléctricas Y Transformadores, Segunda Edición. Editorial: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México: 1993. 707 P.

Donde  $a$  es el número de ramas en el inducido, según el tipo de devanado se calcula según la Ecuación 44.

$$\text{Para el devanado imbricado, } a = mP \quad (44)$$

$$\text{Para el devanado ondulado, } a = 2m \quad (44)$$

Donde también  $Z$  es el número de conductores;  $P$  es el número de polos;  $\Phi$  es el flujo por polo y  $S$  es la velocidad del generador.

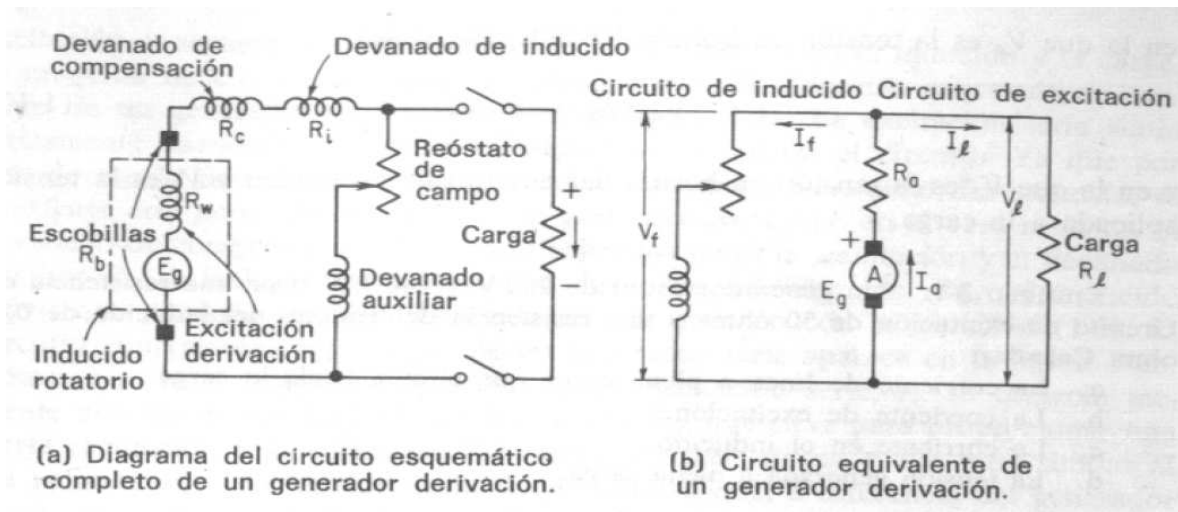
**3.5.2 Tipos de generador.** Son tres tipos de generadores de corriente continua, los cuales se diferencian por la forma de excitación de los devanados del campo del estator, estos son los generadores shunt, serie y compound.

El generador se encarga de generar una tensión de corriente continua, convirtiendo la energía mecánica en eléctrica y una parte de esta energía excita el devanado del campo magnético fijo.

**3.5.3 Diagrama esquemático y circuito equivalente de un generador shunt.**

Para que el generador sea de tipo shunt, la excitación se produce mediante un devanado de excitación conecta a la tensión de la línea producidas en las escobillas del inducido, en la Figura 36 se muestra el circuito equivalente de una generador shunt.

Figura 36. Esquema y circuito equivalente de un generador shunt.



En la Figura 36 el inducido del rotor, que se representa encerrado en un recuadro punteado, está conformado por una fuente  $f_{em}$ ,  $E_g$ ; una resistencia,  $R_w$ ; del devanado del inducido; y una resistencia,  $R_b$  de las escobillas y la resistencia entre el inducido y el contacto de las escobillas. El circuito del inducido consta de: el inducido (encerrado en el recuadro) y dos devanados, el de compensación,  $R_c$ , y el auxiliar,  $R_i$ , ubicado en el estator. Por lo tanto, el resto de circuito equivale al inducido como parte fija, es decir, los elementos fuera del rectángulo con línea punteada.

Para mayor facilidad de manejo de los elementos del circuito equivalente se suman todas las resistencias en serie y se representan como una sola,  $R_a$ , denominada resistencia del circuito.

El generador shunt tiene tres circuitos importantes en paralelo, el circuito del inducido, el circuito de excitación y el circuito de carga.

Las corrientes en el circuito son de la forma de la Ecuación 45.

$$I_a = I_f + I_t \quad (45)$$

Donde  $I_a$  es la corriente del inducido,  $I_f$  es la corriente de excitación ( $V_f/R_f$ ) e  $I_t$  es la corriente de carga ( $V_t/R_t$ ). Los voltajes, al estar el circuito en paralelo, son iguales, como se muestra en la Ecuación 46.

$$V_a = V_f = V_t \quad (46)$$

**3.5.4 Líneas de resistencia de excitación del generador autoexcitado.** En el generador de excitación independiente, la corriente en el circuito de excitación,  $I_f$  es independiente de la tensión generada  $E_g$ . Para el generador autoexcitado, esto no es así, la corriente  $I_f$  depende de la tensión generada. En la Figura 37, se muestra el circuito equivalente a un generador autoexcitado donde la corriente de excitación, depende de la relación  $V_f/R_f$ , en donde,  $V_f$  es la tensión existente en los bornes del inducido,  $V_a$ . Por esto, la corriente depende de dos variables importantes que son: la tensión en el inducido y la resistencia de excitación. A fin de relacionar la tensión y la corriente, con respecto a la resistencia de excitación se tiene la Figura 38.

Figura 37. Circuito equivalente de un generador autoexcitado.

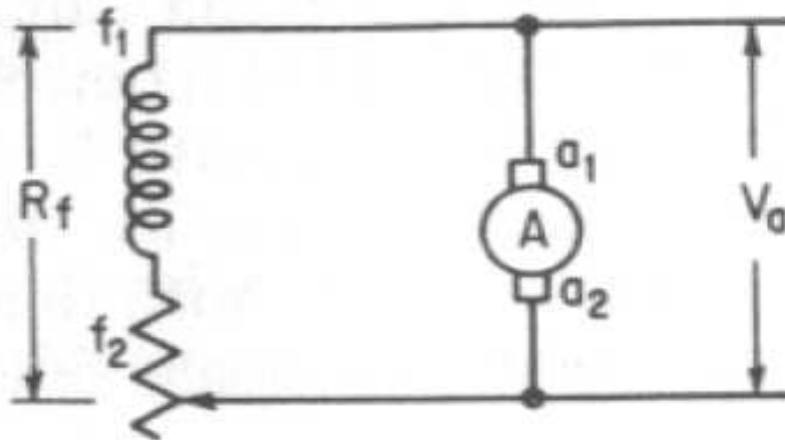
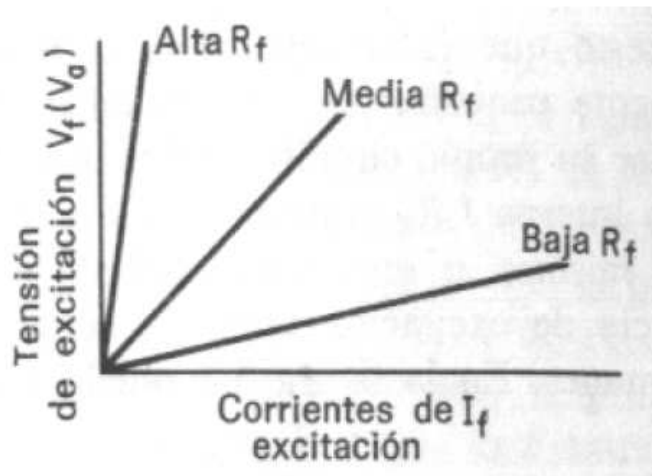


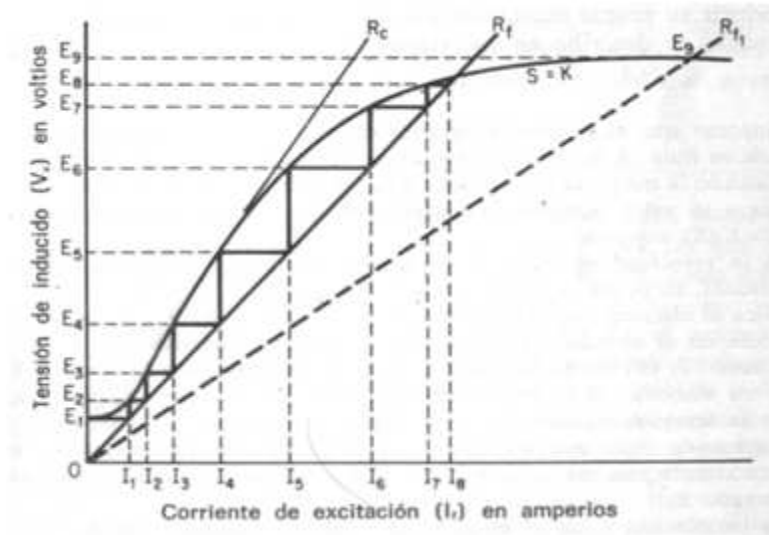
Figura 38. Relación tensión-corriente de un generador autoexcitado.



Explicando así, la ley de Ohm (ver Figura 38) donde a mayor resistencia de excitación menor corriente de excitación para un valor muy elevado en tensión y viceversa.

Si se supone que la corriente de excitación suministrada por el generador es despreciable, debido a no estar conectada a una carga, y que la tensión de excitación  $V_a$  y la tensión a plena carga  $E_g$  son iguales, se puede representar las líneas de excitación como la curva de magnetización de la maquina sobre los ejes comunes; visualizada en la Figura 39.

Figura 392. Producción de la excitación de un generador derivación autoexcitada.



**3.5.5 Producción de la autoexcitación en un generador shunt.** Con la representación de un generador shunt se puede explicar cómo este puede producir su excitación y desarrollar una tensión de corriente continua:

- Inicialmente el generador arranca del reposo, es decir la  $f_{em}$  generada,  $E_g$ , es 0.
- Cuando la maquina motriz hace girar el inducido y la velocidad es cada vez más cercana al valor nominal, la tensión debida al magnetismo residual y a la velocidad aumenta.
- La tensión en bornes del inducido es pequeña,  $E_1$ (Figura 3.18), la cual es aplicada al circuito de excitación en la resistencia  $R_f$ ; por lo cual, la corriente que circula es pequeña,  $I_1$ .
- Cuando  $I_1$ , circula por el circuito de excitación, aumenta la fmm que ayuda al magnetismo residual a aumentar la tensión, hasta  $E_2$ .
- La tensión  $E_2$  aplicada a la excitación del generador aumentando la circulación de corriente  $I_2$ ; haciendo mayor la fmm, produciendo una tensión generada  $E_3$ .
- $E_3$  establece a  $I_3$  en el circuito de excitación produciendo  $E_4$ . Pero  $E_4$  provoca la circulación de  $I_4$  en la excitación  $E_5$  y así sucesivamente hasta  $E_g$ , siendo el valor máximo.

- Esto continúa hasta el punto en que la resistencia de excitación corta la curva de magnetización, lo que cesa el proceso, y lo mantiene en un valor fijo.

**3.5.6 Razones por las que un generador shunt autoexcitado puede no desarrollar tensión.** Hay 4 razones por las cuales un generador shunt autoexcitado puede no desarrollar tensión, en vacío:

- Falta de magnetismo residual: el magnetismo residual es importante para la autoexcitación del sistema, este puede perderse debido a la desmagnetización de los polos del sistema: vibración excesiva, calor extremo, entre otros. La solución a este inconveniente es magnetizar nuevamente los polos, esto por medio de la aplicación de corriente continua al devanado de campo.
- Conexiones del circuito de excitación invertidas con respecto al circuito del inducido: si esto ocurre flujo de excitación hará reducir el flujo residual, disminuyendo, también, el flujo neto y la  $f_{em}$  generada. Para chequear esta circunstancia, se puede, abrir el circuito de excitación del generador en marcha y mirar con el voltímetro en los bornes del inducido, si la tensión en los bornes del inducido tiende a aumentar, las conexiones están invertidas con respecto al inducido.
- Resistencia del circuito de excitación mayor que la resistencia de excitación crítica: un corte en los devanados de excitación, o los elementos resistivos o de las conexiones tiende a aumentar la resistencia del circuito de excitación, haciéndose mayor que la resistencia de excitación crítica, haciendo que no se produzca la autoexcitación debida.
- Corte o resistencia elevada en el circuito del inducido: un corte en el devanado, una escobilla floja o la ausencia de ella, tenderá a aumentar la resistencia de excitación. Una resistencia del circuito del inducido elevada indica un corte en el circuito del inducido.

**3.5.7 Efecto de la carga en impedir la autoexcitación de un generador shunt.**

Puesto que la carga es una resistencia que es más baja que la de excitación del generador shunt, si se sitúa una carga demasiado grande en los bornes de este, la máquina intentará llegar hasta la velocidad nominal, el generador puede no llegar a generar tensión. Esto debido, a que la mayor parte de la corriente del inducido es direccionada a la carga en vez de llevarla a la excitación, no se puede producir la corriente de excitación adicional para la  $f_{em}$  adicional requerida para auto-excitar el generador.

**3.5.8 Características carga-tensión de un generador shunt.** Debido al efecto de la carga en impedir la autoexcitación de un generador, existen tres razones para la caída de tensión:

- Caída de tensión en el circuito del inducido (ver Ecuación 47): el circuito del inducido tiene la ecuación para la verificación en bornes:

$$V_a = E_g - I_a R_a \quad (47)$$

- Para el generador shunt, cuando se aumenta la corriente  $I_l$ , se aumenta la corriente  $I_a$ , al igual que la caída de tensión en el inducido  $I_a R_a$ , por lo tanto, la tensión  $V_a$  disminuye al aplicar la carga.
- Reacción de inducido: los conductores situados en el inducido tienen una circulación de corriente, que a su vez suministra corriente a la carga en el mismo sentido de la tensión inducida. Ya que estos conductores están situados en un inducido de hierro, hay desarrollo de una  $f_{em}$  de inducido proporcional a la corriente de la carga. Haciendo el efecto de distorsionar y reducir el flujo en el entrehierro en la excitación, esta reducción de flujo de excitación reduce las tensiones en los bornes del inducido.
- Reducción de la corriente de excitación: la tensión en los bornes disminuyen en función de la corriente de carga debido a la reacción del inducido y la caída de tensión en el circuito del inducido. Al disminuir esta tensión se disminuye la corriente de excitación y por ende, el flujo en los polos de excitación, al disminuir esta, se disminuye también, en el flujo del entrehierro y los valores  $E_g$  y  $V_a$ , si estos dos valores no saturan los polos de excitación la maquina se desexcitarán inmediatamente.

**3.5.9 Regulación de tensión de un generador.** La regulación de tensión significa el grado de variación en la tensión en el inducido producida por el acople de la carga, para que el generador tenga una buena regulación de tensión, el cambio desde el vacío, es decir, sin carga, a plena carga, debe ser pequeño; de lo contrario, el generador no es capaz de regular la tensión. La regulación de tensión es la variación de la tensión desde el momento en que no tiene carga hasta el momento en que si la tiene, esto se expresa en porcentaje de la tensión nominal en bornes (ver Ecuación 48).

$$VR_{(\text{regulación de tensión en tanto por ciento})} = \frac{V_{n1} - V_{f1}}{V_{f1}} * 100 \quad (48)$$

Donde  $V_{f1}$  es la tensión en bornes (nominal) a plena carga y  $V_{n1}$  es la tensión en bornes en vacío.

### 3.6 TRANSMISIÓN MECÁNICA<sup>60</sup>

**3.6.1 Transmisiones mecánicas.** Las transmisiones mecánicas son mecanismos que se utilizan para transmitir la energía mecánica de un elemento o equipo que posee una potencia, transformándola o convirtiéndola, dependiendo de lo que se desee, a otro equipo que necesite de esa energía.

**3.6.2 Tipos de transmisiones.** Las transmisiones mecánicas se dividen en dos grupos importantes que son:

- Transmisiones flexibles:
  - Correas.
  - Cadenas.
  - Cables.
  - Ejes flexibles.
- Transmisiones rígidas:
  - Ruedas de fricción.
  - Engranajes.
  - Sistemas articulados.

Para este diseño, se utilizaron transmisiones flexibles, las cuales tienen unas ventajas que ayudan a la facilidad de manejo de todo del sistema y sin tener muchos errores o pérdidas de potencia en el diseño del elemento de conmutación electromecánico, las ventajas que tienen las transmisiones flexibles son:

- Permiten mayores distancias entre ejes.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Funcionamiento suave, entre otros.

Con el ánimo de facilitar la búsqueda de materiales y elementos necesarios para el desarrollo del diseño aquí planteado, se trabajara con las transmisiones anteriormente dichas, especialmente en las transmisiones por correas y cadenas,

---

<sup>60</sup> Transmisiones Mecánicas. Universidad Técnica Federico Santa María. [Abril 12 de 2012]. En línea: [https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:hSitNzgXKIEJ:pad.rbb.usm.cl/doc/15853394/63705\\_PROYECTO\\_MECANIC\\_O/PM\\_\\_CORREAS\\_\\_IEMPMI.pdf+&hl=es&gl=co&pid=bl&srcid=ADGEEsGyFac--HWx1-zOS2TEYyj6s53ajGL6vQVX6xgTerx0L0uDhy\\_-ucPshehr9H2\\_t59otnoLhbgM3iMbLcqS\\_j2lciZMyckz0XxiXMDL3EZRP5O5mprciM2meYkH-yfQZZdDuYlK&sig=AHIEtbRxOnEB3dzblXuJaHMqTmH6Kc7sVg](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:hSitNzgXKIEJ:pad.rbb.usm.cl/doc/15853394/63705_PROYECTO_MECANIC_O/PM__CORREAS__IEMPMI.pdf+&hl=es&gl=co&pid=bl&srcid=ADGEEsGyFac--HWx1-zOS2TEYyj6s53ajGL6vQVX6xgTerx0L0uDhy_-ucPshehr9H2_t59otnoLhbgM3iMbLcqS_j2lciZMyckz0XxiXMDL3EZRP5O5mprciM2meYkH-yfQZZdDuYlK&sig=AHIEtbRxOnEB3dzblXuJaHMqTmH6Kc7sVg)



esto debido a la facilidad de acople, de arreglo, cambio, coste, entre otras especificaciones que ayudan a la agilidad de desarrollo del proyecto.

A continuación se dará una breve explicación de lo que tratan cada una de las transmisiones flexibles, por cadena y correa, mostrando sus ventajas y desventajas, para así evaluar finalmente cual es la transmisión correcta para la etapa de diseño del acople electromecánico.

**3.6.2.1 Transmisión por cadena.**<sup>61</sup> La transmisión de potencia por cadena es una de las más utilizadas para la transmisión de potencia mecánica entre el elemento motriz y el elemento a mover, posee mejor eficiencia que muchos otros transmisores, además que tiene la posibilidad de sincronización entre los elemento que interactúan.

Está compuesta por una o más ruedas dentadas que están unidas por una cadena que engrana con presión en sus extremos, es decir, en las ruedas dentadas. La flexibilidad de la transmisión por cadena, como su nombre lo dice, es debido a los eslabones que posee la cadena, los cuales van unidos entre sí por pequeños pasadores que permiten asegurar la cadena a las ruedas dentadas; la forma más simple que posee una transmisión por cadena, está compuesta por dos ruedas dentadas y una cadena, en la cual una conduce y la otra es conducida por la potencia que le transfiere la una a la otra por medio de la correa

Ventajas de la transmisión por cadena comparada con otras transmisiones de en lace flexible:

- Dimensiones exteriores son menores.
- Ausencia de deslizamiento.
- Alto rendimiento.
- Pequeña magnitud de carga sobre los arboles.
- Posibilidad de cambiar con facilidad su elemento flexible (cadena).

Desventajas:

- Pueden ser ruidosas.
- Requieren de lubricación.
- Presentan cierta irregularidad del movimiento durante el funcionamiento de la transmisión.
- Requiere de una precisa alineación durante el montaje y un mantenimiento minucioso.

---

<sup>61</sup>Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Mecánica, [Abril 12 de 2012]. En línea: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/material-de-clase-1/tema5-Engranajes.ppt>

**3.6.2.2 Transmisión por correa.**<sup>62</sup> Al igual que la transmisión por cadena, la transmisión por correa posee dos poleas de las cuales una motriz la otra es movida, y también posee la correa, la cual debe tener tensión entre las dos poleas; al moverse la polea motriz, transmite la potencia por la correa y esta a su vez, la transmite a la última polea.

Debido a esta transmisión, y controlando el tensado de la correa y el ángulo de contacto entre las poleas; puede ser mayor o menor la carga que puede transmitir las poleas. Es de saberse que para que se pueda transmitir la potencia de extremo a extremo, es necesario que entre las poleas y la correa, debe haber un índice de rozamiento debe ser alto, para tener pérdidas por deslizamiento de los componentes.

Ventajas:

- Posibilidad de unir el árbol conductor al conducido a distancias relativamente grandes.
- Funcionamiento suave, sin choques y silencioso.
- Facilidad de ser empleada como un fusible mecánico, debido a que representa una carga límite de transmisión, valor que de ser superado produce el patinaje (resbalamiento) entre la correa y la polea.
- Diseño sencillo.
- Costo inicial de adquisición o producción relativamente bajo.

Desventajas:

- Grandes dimensiones exteriores.
- Inconstancia de la relación de transmisión cinemática debido al deslizamiento elástico.
- Grandes cargas sobre los árboles y apoyos, y por consiguiente considerables pérdidas de potencia por fricción.
- Vida útil de la correa relativamente baja.

Con respecto a lo dispuesto anteriormente, se ha escogido la transmisión por correa como la más correcta para el trabajo necesario, debido a la lejanía de su acople, la economía de su instalación y los materiales y no necesita cargas muy grandes, como lo sería en este caso el generador.

---

<sup>62</sup>Dr. Ing. GONZALEZ, Gonzalo; Facultad de Ingeniería Mecánica. Ciudad Habana, Cuba. 2001. En línea: [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_mecanica/transmisioncorrea/default8.asp](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/transmisioncorrea/default8.asp)

## CAPÍTULO 4. SELECCIÓN DE LA BATERÍA PARA LA ALIMENTACIÓN DE LA FUENTE DC<sup>63</sup>

En este capítulo se tratará acerca de la selección de la batería apropiada que se utilizará en este proyecto; este dispositivo se cargará con el generador que está conectado a la bicicleta y además servirá para suministrar la energía necesaria a la fuente conmutada DC que recargará las baterías de los celulares.

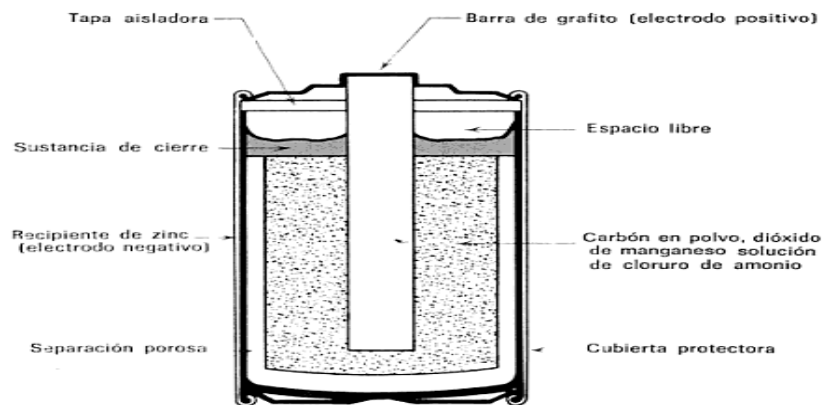
### 4.1 BATERÍAS O ACUMULADORES PRESENTES EN EL MERCADO

Las baterías están constituidas por celdas que a la vez están formadas por los dos electrodos (positivo-negativo) y el electrolito o solución electrolítica; las diferencias entre baterías radican en los químicos y los materiales de los cuales están hechas. Las baterías son también llamadas acumuladores y están organizados en dos grandes clasificaciones a saber: acumuladores primarios y acumuladores secundarios.

**4.1.1 Acumuladores primarios.** Principalmente las baterías primarias son todas aquellas que solo se utilizan una vez hasta su descarga, es decir, no son recargables. Cuando transforman la energía química en energía eléctrica se van consumiendo hasta que se debilita y se descarta. Su característica primordial es que está hecha para descargar en un largo tiempo y que además no requiere cuidado o mantenimiento.

El mejor ejemplo de este tipo de baterías es una batería común AA que se utiliza a diario en los controles remotos de los equipos electrónicos.

Figura 40. Sección Transversal de una pila seca<sup>64</sup>.



<sup>63</sup> MAC S.A. Sección educativa. [En línea] <<http://www.mac.com.co>> [Consultado el 23 de abril de 2012]

<sup>64</sup> GONZÁLEZ, Corentino. Ciencias físicas II, Editorial Reverté. Barcelona. 1985

**4.1.2 Acumuladores secundarios.** Las baterías secundarias o acumuladores secundarios son aquellos que si se pueden recargar una vez agotada su energía eléctrica acumulada, normalmente tienen menor potencia que las baterías primarias y permiten descargarse muchas veces antes de culminar su vida útil.

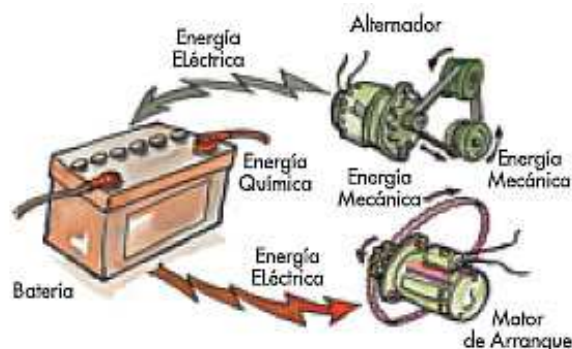
“Dentro de las baterías secundarias se destacan las de níquel-cadmio (Ni.-Cd), las selladas de plomo-ácido (en inglés Sealed Lead Acid o SLA), las de hidruro de níquel-metal (NiMH) y varios tipos de baterías de litio entre las que se encuentran las de litio-polímero (Li-Poly), las de litio-ión (Li-Ion) y las de litio-metal (Li-Metal), entre otras”<sup>65</sup>

La batería más habitual de este tipo de acumuladores es la de plomo-ácido, puesto que es la que se utiliza para alimentar el sistema de arranque y el sistema eléctrico de los vehículos automotores, por lo cual se ha posicionado en el mercado, superando así a los demás tipos de baterías antes mencionadas.

**4.1.2.1 Baterías automotrices o de arranque.** Estas baterías son cualificadas para proporcionar una considerable cuantía de corriente eléctrica en unos cuantos segundos hacia un motor eléctrico, para así encender una máquina de combustión interna, ya sea de gasolina, gas o diesel (ver Figura 41). Luego de que el sistema está encendido y el motor está girando, la correa mueve el alternador para devolver voltaje a la batería que comienza a cargarse de nuevo.

El objeto de estas baterías, de suministrar alta corriente en poco tiempo, se lleva a cabalidad si está conectada a equipos que requieran un motor de arranque para su inicio, por ejemplo los automóviles y las plantas eléctricas.

Figura 41. Batería automotriz<sup>66</sup>.



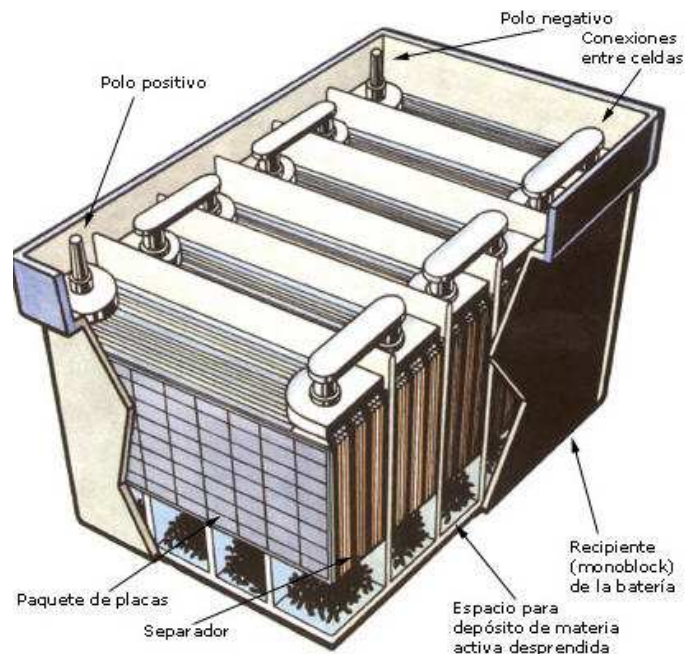
<sup>65</sup> MAC S.A. Sección educativa. [En línea] [http://www.mac.com.co/html/sitio/es\\_educativa2.htm](http://www.mac.com.co/html/sitio/es_educativa2.htm) [Consultado el 23 de abril de 2012]

<sup>66</sup> MAC S.A. Sección educativa. [En línea] [http://www.mac.com.co/html/sitio/es\\_educativa2.htm](http://www.mac.com.co/html/sitio/es_educativa2.htm) [Consultado el 23 de abril de 2012]

**4.1.2.2 Baterías industriales.** Son tipos de baterías hechas para una labor específica, pero tienen como principal característica que proporcionan corriente de forma constante durante cierto ciclo de horas; relacionando directamente su fabricación con el tiempo particular de trabajo (ver Figura 42).

Cuando este modelo de baterías cumple su ciclo de entrega de corriente constante, es cargada nuevamente, con un aparato especial hecho a la medida de sus características, es decir, existe uno para cada tipo de batería industrial.

Figura 42. Batería Industrial<sup>67</sup>.



**4.1.2.3 Baterías estacionarias.** Proporcionan cantidades bajas de corriente durante etapas extensas de tiempo. Su ubicación debe ser en un lugar específico con buenas y constantes corrientes de aire. Son usadas especialmente para ordenadores de escritorio, sistemas fotovoltaicos, radiocomunicaciones, alumbrados para rutas de evacuación, centrales de teléfonos, sistemas de alimentación ininterrumpida, más conocida como UPS (Uninterrupted Power Systems), entre otras aplicaciones (ver Figura 43).

<sup>67</sup>RUTA ANDINA. Baterías. [En línea] <http://www.ventadebateriasindustriales.cl/2009/05/02/baterias> [Consultado el 23 de abril de 2012]

Figura 43. Baterías estacionarias<sup>68</sup>.



**4.1.2.4 Baterías de tracción.** Estas baterías suministran considerables cantidades de corriente por ciclos de entre 6 y 10 horas de descarga constante. Su uso principalmente se basa en abastecer eléctricamente equipos o máquinas que estén en funcionamiento en lugares donde se almacenen combustibles, explosivos o lugares en los cuales se deba mantener cierta asepsia, es decir, motores a combustión interna no podrían estar allí.

Este tipo de baterías funciona en montacargas eléctricos, ascensores, trenes, remolcadores, entre otras máquinas eléctricas

Figura 44. Batería de monta-carga eléctrico<sup>69</sup>.



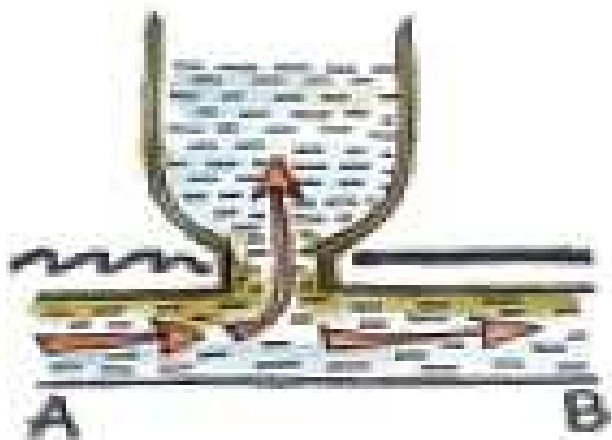
<sup>68</sup>CARYBUS. Energías Renovables. [En línea] <<http://www.carybus.com>> [Citado el 23 de abril de 2012]

<sup>69</sup>MONTACARGAS. Accesorios de montacargas [En línea] <<http://www.montacargas.ws>>[Consultado el 23 de abril de 2012]

## 4.2 FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE UNA BATERÍA DE PLOMO-ÁCIDO (SLA)

Para comprender mejor como se desempeña una batería, se hace la analogía con un depósito de agua (ver Figura 54); Por el canal A fluye agua de forma constante; si por el canal B no hay flujo, el agua que entra se almacenará llenando el tanque o depósito. Pero si por el contrario, desde el tanque hay flujo hacia el canal B, es porque hacia este último está también circulando agua desde la fuente principal, logrando así, mucho más caudal o flujo de agua y con mucha más uniformidad. De esta forma se puede concluir que la corriente (Flujo de agua) y el voltaje (Tanque) que está circulando por la batería son directos.

Figura 45. Ejemplo de depósito<sup>70</sup>.



### 4.2.1 Funciones generales de una batería SLA

- La función principal de una batería es proporcionar buena potencia y por consiguiente corriente eléctrica para encender el equipo electrónico conectado a ella.
- Entregar potencia agregada en el momento que el requerimiento de energía eléctrica supere la que surte el sistema electromecánico de la bicicleta, mencionada en los anteriores capítulos.
- Ejercer como protector del sistema eléctrico, nivelando o estabilizando el voltaje cuando se presenten cambios que puedan dañar los componentes electrónicos conectados al sistema.

<sup>70</sup>MAC S.A. Sección educativa [En línea] <[http://www.mac.com.co/html/sitio/es\\_educativa3.htm](http://www.mac.com.co/html/sitio/es_educativa3.htm)> [Citado el 23 de abril de 2012]

### 4.3 PARTES DE UNA BATERÍA SLA

Una batería está compuesta primordialmente por los siguientes componentes:

**Rejillas:** Es una estructura en forma de parrilla que sirve de base para los elementos activos (electrolito). Las rejillas se producen con una aleación de estaño, calcio, plomo y plata, que le proporciona cierta particularidad para la cual fue fabricada. Asimismo ejercen la tarea de repartir la corriente de forma pareja por toda la placa.

**Placas negativas:** Está compuesta de plomo blando o esponjoso (Pb), por el cual circula autónomamente el electrolito, este último hace crecer el área eficaz de las placas y de esta forma incrementar su productividad. A estas placas se les agrega sustancias que expanden e imposibilitan la cristalización del plomo esponjoso; si esto sucediera se perdería vida útil de la batería.

**Placas positivas:** Estas placas están hechas de peróxido de plomo (PbO<sub>2</sub>), que a su vez se compone de pequeñas partículas, que lo hacen permeable por el electrolito, y así circular por el interior de la placa.

**Electrolito:** Para las baterías SLA, es una disolución de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) en agua desionizada en una relación de 9 partes de ácido por cada 16 partes de agua. Se emplea principalmente para que sea conductor de energía entre los elementos de la batería.

**Separadores:** Se colocan primordialmente para impedir el roce del metal entre las placas positivas y negativas. Pero a la par debe posibilitar la conducción libre del electrolito. Estos separadores están hechos de poli cloruro de vinilo (PVC), polietileno, celulosa, fibra de vidrio o cualquier otro material plástico, que por consiguiente no será conductor.

Se colocan en la batería de 3 formas: en forma transversal, envolviendo las placas y en forma de sobre.

**Caja o Armazón:** Es el receptáculo que alberga el electrolito y todos los componentes que son conductores. Está fabricada, junto con la tapa, esencialmente de polipropileno.

**Tapón respiradero:** La batería SLA libera hidrógeno (H<sub>2</sub>) cuando se está cargando, por este motivo la caja no puede ser completamente sellada y poseen un tapón respiradero que libera hacia la atmósfera este aire, y el vapor del ácido sulfúrico se densifica en las paredes de la caja ocupando de nuevo la batería, quedando cargada.

**Accesorios:** Bornes conductores, cubierta y tapones de seguridad.



## 4.4 BATERÍAS SEGÚN SU CONSTRUCCIÓN

Según el mercado y los avances tecnológicos modernos, se comercializan los siguientes tipos de baterías. Baterías libres de mantenimiento, selladas, no selladas, húmedas y las que son cargadas en seco.

**4.4.1 Baterías libres de mantenimiento.** Su característica principal es que no es necesario adicionarles agua durante el tiempo en el cual estas no están conectadas ni funcionando. Esta singularidad se obtiene gracias al empleo de rejillas hechas de calcio en vez de utilizar el común antimonio; que aunque siendo un buen conductor, en una aleación con el plomo, fácil de obtener y usar; produce calor cuando pasa corriente eléctrica por él. El calentamiento de estas rejillas aumenta la resistencia interna y ocasiona que el agua se vaporice.

Si la rejilla está hecha de una mezcla de calcio conduce mucho mejor la corriente eléctrica permitiendo así que la batería sea capaz de generar un 20% que si utilizara antimonio. Esta batería no necesita mantenimiento porque no hay pérdida de agua por calor reduciendo a su vez la corrosión.

**4.4.2 Baterías selladas.** Debe existir ventilación para que escapen algunos gases que se generen de alguna forma dentro de la batería, por esto no hay baterías totalmente selladas. Sabiendo que en estas no es posible adicionar agua, las empresas fabricantes de baterías idearon un sistema que indica el estado de carga al cual se encuentran; censando el nivel de electrolito internamente.

El sensor de carga es en realidad una pequeña esfera, de color verde, puesta en una cavidad de una barra de plástico. Si la gravedad específica es alta, la esfera va a flotar en el electrolito tocando el extremo superior de la cavidad de la barra; creando una ilusión óptica verde hacia los ojos humanos y así indicando que la batería no necesita carga, está entre el 85% y 100%. Pero si la gravedad específica es baja la esfera va a caer en el electrolito y no va a tocar la cavidad de la barra y se va a ver de color negro del electrolito; indicando de esta forma que la batería necesita carga o recargarla por completo.

La barra se verá de color claro cuando el nivel del electrolito esté por debajo del nivel mínimo, ya sea porque la batería ha cumplido su vida útil o está en sobrecarga, lo cual indica que la batería se debe reemplazar.

**4.4.3 Baterías no selladas.** Estas baterías tienen acceso a las celdas para su posible mantenimiento, obviamente en caso de su requerimiento; por este motivo se pueden realizar pruebas individuales a cada celda.

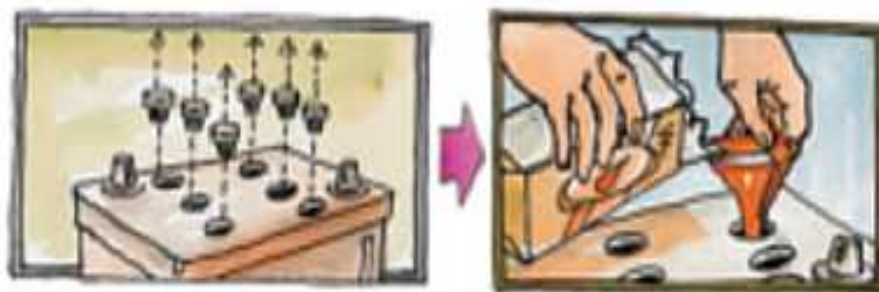
**4.4.4 Baterías húmedas.** Desde el momento que se pone a la venta este tipo de baterías están listas para su uso inmediato, ya que su aptitud para acumular y entregar energía eléctrica se puede verificar en el mismo momento de culminar su elaboración.

Estas baterías pierden de forma gradual una porción de su capacidad debido a un proceso llamado autodescarga.

Antes de su instalación en el vehículo y durante el traslado de la empresa manufacturera hasta el carro se debe chequear a intervalos regulares de tiempo y mantenerla con una carga estable alta, a fin de eludir la pérdida de su capacidad de entregar energía eléctrica.

**4.4.5 Baterías cargadas en seco.** La fabricación de estas baterías se hace con placas cargadas, sin embargo la caja no contiene ácido en las celdas. Se puede estimar que una batería cargada en seco no tiene manufactura terminada, lo cual es un indicador de que el cliente final debe terminar este proceso, como se muestra en la Figura 46.

Figura 46.<sup>71</sup> Manera de activar una batería cargada en seco.



Las baterías que son cargadas en seco pueden llegar a conservar por mucho tiempo la carga, claro está, mientras no haya presencia de humedad en sus componentes; así que se debe almacenar en un sitio fresco y seco a una

<sup>71</sup>MAC S.A. Sección educativa.[En línea] <[http://www.mac.com.co/html/sitio/es\\_educativa4.htm](http://www.mac.com.co/html/sitio/es_educativa4.htm)> [Consultado el 23 de abril de 2012]

temperatura de entre 16°C a 32°C. Cuando el cliente final adiciona el electrolito a la batería, consigue las mismas particularidades de una batería húmeda, antes mencionada.

Es necesario cargarla para corroborar el estado de carga inicial total, es decir, al 100%, antes de su montaje. Para una mejor comprensión de este tipo de baterías está el arquetipo de las baterías para motocicletas (ver Figura 47).

Figura 471. Tipos de baterías fabricadas por MAC S.A<sup>72</sup>.



#### 4.5. MÉTODOS DE CARGA Y DESCARGA

Cargar una batería radica en aplicarle corriente eléctrica desde una fuente de corriente directa (DC). Cuando esto se realiza, por el fenómeno de electrólisis, el ácido sulfúrico ( $\text{SO}_4\text{H}_2$ ) se separa en iones negativos ( $\text{SO}_4$ ) y en iones positivos ( $\text{H}_2$ ). Gracias a la electrólisis cada celda se carga a un voltaje de 2.2V; si la batería es de 6 celdas se cargará a un voltaje total de 13.2V

La carga inicial es aquella que proporcionada a una batería o acumulador en su fase de elaboración. Luego de que la batería está en funcionamiento, obedeciendo al tipo de prestación para la cual esté trabajando, se le proporcionarán ciertos tratamientos o cantidades de carga (energía).

Existen dos métodos para recargar las baterías los cuales se diferencian esencialmente en el régimen de carga. Pero la variable que incide directamente los componentes internos de la batería es la temperatura, si esta alcanza o excede los 55°C, destruyen la batería internamente.

---

<sup>72</sup>MAC S.A. Sección educativa.[En línea] <[http://www.mac.com.co/html/sitio/es\\_educativa4.htm](http://www.mac.com.co/html/sitio/es_educativa4.htm)> [Consultado el 23 de abril de 2012]

**4.5.1 Prueba de carga de la Batería.** Esta prueba se realiza para verificar la aptitud que tiene la batería para generar la potencia necesaria con cargas que necesiten gran corriente eléctrica para su funcionamiento. Esto se debe hacer con un probador de carga especial, el cual extrae corriente eléctrica, entretanto que se mide el nivel de salida de voltaje.

Si la batería está funcionando de manera correcta, el voltaje se mantendrá relativamente constante, no obstante si está funcionando de manera incorrecta la batería, se verá una pérdida ligera de energía.

**4.5.2. Método de recarga rápida.** Este método de recarga rápida se realiza conectando una batería que esté cargada a otra descargada, por ejemplo cuando se conecta una batería de un vehículo a otro que su batería esté descargada, sin embargo, ésta última batería no queda del todo cargada, puesto que se origina una carga superficial, por el inusitado cambio de temperatura interna, originando un estado pasajero de activación energética, por tanto, si la batería se deja en reposo, después de poco tiempo vuelve a perder esta carga rápida.

**4.5.3. Montaje y conexión interna de las baterías.** Las baterías internamente están conectadas en serie, el terminal negativo de la primer celda se conecta al terminal positivo de la segunda y así sucesivamente hasta reunir o sumar entre 12.6V y 13.2V para baterías de 6 celdas comunes, como lo son las baterías de vehículos, este rango de voltaje es el total de una batería a plena carga.

## **4.6. FALLAS COMUNES EN LAS BATERÍAS**

Las Fallas más comunes se enmarcan en cuatro grandes rasgos:

- Tiempo de uso
- Pobre mantenimiento.
- Sobrecarga o insuficiencia de carga.
- Causas de descarga en baterías.

**4.6.1 Tiempo de uso.** El normal deterioro de la batería está acompañado con el tiempo de vida útil. La constante reiteración carga-descarga desgasta paulatinamente el material activo de las placas, llegando a ser la placa corroída y no tendrá contacto con el electrolito, esto no permitirá que se restaure de manera definitiva la capacidad de la batería, culminando su ciclo de vida útil.

**4.6.2. Pobre mantenimiento.** Si no se realiza el mantenimiento debido, es decir, no se revisa el nivel del electrolito, causará un veloz deterioro del material activo en la parte de las placas que no están cubiertas por esa mezcla de electrolito. (El bajo nivel es causado por la evaporación del agua).

El bajo nivel produce entonces la finalización de la aptitud de la batería para producir energía eléctrica, requerida por el aparato eléctrico o electrónico conectado a ella. Para evitar esto se debe revisar las tapas y verificar adentro que el electrolito sea de color claro, si hay decoloración y un olor repugnante, es un indicador de carga excesiva o que la batería está muy vieja, y próxima a cumplir su ciclo de vida.

**4.6.3. Sobrecarga o insuficiencia de carga.** Un uso exagerado o deficiente de carga causa graves daños a los componentes internos de la batería, pero también hacia todo lo que está directamente conectado a ella incluso cargadores de la misma batería. La sobrecarga de energía eléctrica causa una apresurada corrosión de las placas positivas, las altas temperaturas originan agotamiento prematuro de todos los elementos internos, causa también una distorsión o alteración de los separadores, rebosamiento del ácido dañando así los soportes a los cuales está conectada y las partes cercanas a la batería y por último evaporación desmesurada de agua.

Por el contrario la insuficiencia de carga causa: Acumulación de depósitos de sulfato de plomo en las placas, afectando la reacción electroquímica, acumulación de depósito de plomo en los separadores, originando cortocircuitos entre las placas positivas y negativas, causa bajo porcentaje de ácido y así incrementa la congelación del electrolito finalmente descarga la batería.

Si la batería que se utiliza no está hecha con las especificaciones requeridas causará ineludiblemente descargas continuas, ineptitud para trabajar a bajas temperaturas y fallas apresuradas de la batería.

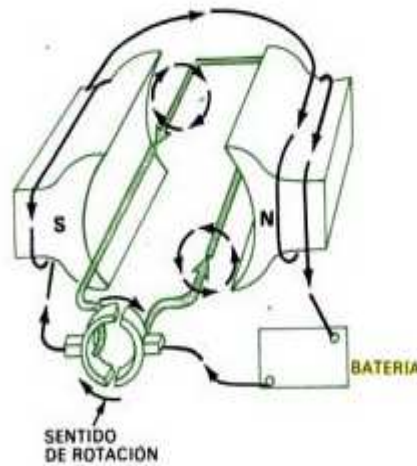
**4.6.4. Causas de descarga en baterías.** Sistemas eléctricos deficiente o mal conectados causan mal funcionamiento de la batería, pero si una batería que se ve está en óptimas condiciones pero se descarga de forma continua, puede deberse a: Dejar encendido algún aparato conectado a la batería, que el generador no esté entregando nuevamente energía a la batería, o que haya un cortocircuito, o la batería no se ha usado por un periodo de tiempo muy largo.

#### 4.7. CONEXIÓN DESDE EL MOTOR SHUNT

Se utilizará una batería de ácido-plomo por ser una batería que actúa muy bien a cambios bruscos en los niveles de voltaje, los cuales son los que generará el motor shunt que va conectado a la rueda de la bicicleta.

Se debe tener un control riguroso en la forma de conectar los terminales del motor serie a la batería de almacenamiento (ver Figura 48) debido al sentido de rotación de la corriente del motor, si se invierten los terminales de la batería la corriente girará en forma contraria a la que se muestra en la siguiente figura. Lo mismo si se invierte el giro del motor, el voltaje en la batería será inverso.

Figura 48. Motor serie o Shunt conectado a una batería<sup>73</sup>.



<sup>73</sup> Mecánica del automóvil III edición. Editorial Marcombo S.A. Barcelona. 1991

## CAPÍTULO 5. FUENTES DE ALIMENTACIÓN<sup>74</sup>

Los sistemas de alimentación son la adaptación y transformación de la corriente entregada por el suministro de energía, adquirido por parte de una empresa poseedora de un sistema generador y distribuidor de la misma. El suministro de la red puede ser transformado de tal manera que la frecuencia de oscilación llevada a la práctica desaparezca de tal forma que se convierta en una corriente continua y de esta manera pueda utilizarse de manera electrónica para alimentar circuitos de este tipo, tales como electrodomésticos de bajo consumo, computadoras y en caso particular, equipos celulares.

De acuerdo a la industria, las fuentes de alimentación deben suplir no solo la necesidad de entregar corriente continua o alterna, sino realizar funciones adicionales que permitan llevarle seguridad a los equipos terminales y acoples capaces de embalar cualquier tipo de maquinaria. Dentro de las funciones que puede realizar una fuente de alimentación, se destacan las siguientes:

- Aislamiento
- Alta densidad de potencia.
- Dirección controlada del flujo de potencia.
- Alta eficiencia de conversión.
- Rizado mínimo y eficiencia alta
- Factor de potencia (FP) controlado.

Es importante identificar que las características anteriormente mencionadas, pueden ser ejecutadas por una fuente de alimentación AC o DC, debido a la utilización de convertidores directos DC-DC, AC-DC, DC-AC; éste último capaz de entregar alta potencia para realizar un circuito similar a un generador de corriente alterna.

El sistema generador de energía por medio de la bicicleta, es un motor DC que entrega una relación de voltaje entre los 25 y los 90V sin carga, para una utilidad de un máximo de 50V, en conservación de una buena cantidad de corriente. Posteriormente el almacenamiento de la misma energía seguirá el sistema de corriente continua, puesto que es elaborado por medio de una batería DC. De esta manera se reduce la utilidad de las fuentes de alimentación al determinar que la salida es uno o varios equipos celulares, y la entrada será del mismo tipo; DC; entonces se enfocará el estudio a las fuentes de alimentación de corriente continua.

---

<sup>74</sup> RASHID, Muhammad H. Electrónica De Potencia: Circuitos, Dispositivos Y Aplicaciones. Tercera edición. Editorial Pearson Education. México: 2004. 904 P.

## 5.1 FUENTES DE ALIMENTACIÓN DC

Al utilizar convertidores DC-DC se puede garantizar un aislamiento de las tierras de los circuitos activos, y los elementos pasivos de almacenamiento, pero a su vez genera un alto flujo de armónicos que pueden ser devueltos al motor DC y generar un incidente en la máquina y no siendo muy común, un accidente al deportista activo. Si se utilizan reguladores comunes, se puede obtener una tensión requerida, pero un alto índice de cortocircuito y una potencia de trabajo poco productiva.

Es por esto que realizando una mezcla de elementos entre los reguladores comunes, y los convertidores, se pueden realizar una serie de circuitos que regulan el aislamiento en un alto porcentaje, y permiten sostener la potencia de tal manera que se reduzcan variables de probabilidad de cortocircuito, las cuales son:

- Fuentes de alimentación DC conmutadas
- Fuentes de alimentación DC resonantes
- Fuentes de alimentación bidireccionales

## 5.2 FUENTE DE ALIMENTACIÓN DC CONMUTADA

Las fuentes conmutadas poseen una alta eficiencia, capaces de alimentar una gran corriente de carga con una tensión mínima. Existen cuatro configuraciones comunes para la operación en modo conmutado o PWM de la etapa inversora (DC-AC):

- Flyback
- Directa
- Push-Pull
- Medio puente
- Puente completo

La salida del inversor, que se varía con una técnica PWM, se convierte a un voltaje de DC con un diodo rectificador; como el inversor puede operar a una frecuencia muy alta, se pueden filtrar y eliminar con facilidad los rizados del voltaje de salida de DC, con filtros pequeños. La selección adecuada de cada una de las topologías depende estrictamente de las necesidades de la utilidad, y las ventajas y desventajas de que posee cada topología.

De esta forma se realizará un estudio detallado de cada topología, para lograr identificar cual es el sistema adecuado para la carga de celulares teniendo en



cuenta las variables implícitas de diseño, como las entregadas por manuales de los equipos y características propias de las baterías a recargar.

**5.2.1 Convertidor Flyback.** El convertidor Flyback o de retroceso, es un sistema construido por un proceso de aislamiento galvánico, con el cual se aísla entrada y salida del sistema con relación equivalente de energía en pérdidas igual a cero casi absoluto, puesto que no utiliza un transformador de aislamiento, sino dos bobinas con núcleo de ferrita de alto porcentaje de conductividad, de esta forma se almacena toda la energía y puede garantizar la entrega de la tensión total sin sobre calentarse y generar ruido electrónico.

El retroceso de la corriente por inducción tiene dos maneras de presentarse, cuando se activa el interruptor electrónico  $Q_1$  y cuando hace lo contrario, puesto que se puede poner a oscilar o dejar en modo continuo (ver Figura 49).

**5.2.1.1 Modo 1.** Este modo comienza cuando el interruptor  $Q_1$  se activa, siendo válido para  $0 < t < kT$ , siendo  $k$  la relación de ciclo de trabajo y  $T$  es el periodo de conmutación. El voltaje a través del devanado primario del transformador es  $V_s$ . La corriente  $I_p$  en el primario comienza a acumularse y almacena energía en el devanado primario. Debido al arreglo de polaridad contraria entre los devanados de entrada y salida del transformador, el diodo  $D_1$  tiene polarización inversa. No se transfiere energía de la entrada a la resistencia de carga  $R_L$ . El capacitor de filtro de salida mantiene el voltaje de salida y suministra la corriente de carga  $I_L$ . La corriente  $I_p$  en el primario, que aumenta en forma lineal (ver Ecuación 49).

$$I_p = \frac{V_s t}{L_p} \quad (49)$$

Donde  $L_p$  es la inductancia magnetizante del primario (ver Figura 50). Al final de este modo, cuando  $t = kT$ , la corriente pico en el primario llega a un valor igual a  $I_p(pk)$ , determinado por la Ecuación 50.

$$I_p(pk) = I_p(t = kT) = \frac{V_s kT}{L_p} \quad (50)$$

Figura 49. Circuito Flyback.

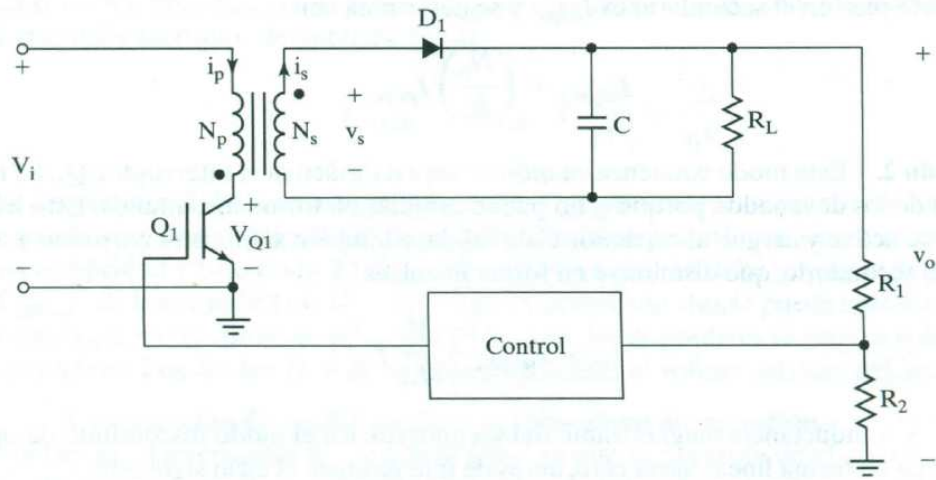
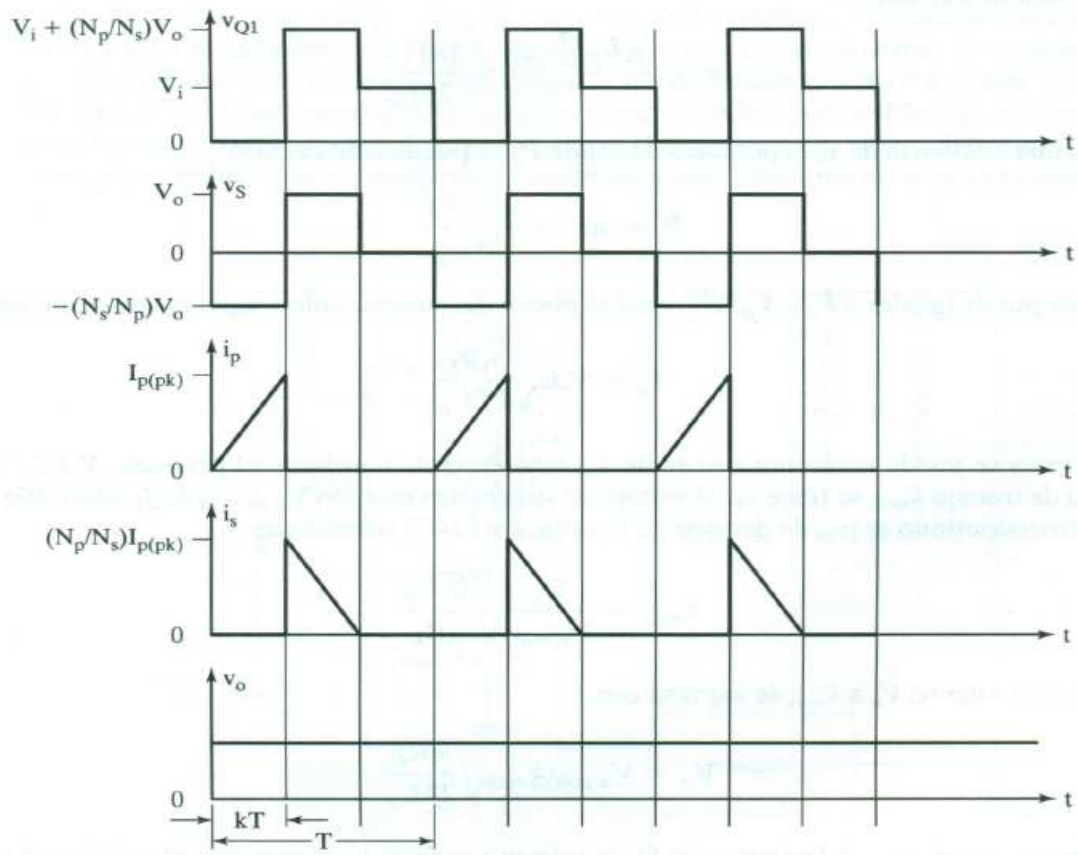


Figura 50. Formas de onda de circuito Flyback.



La corriente pico en el secundario es  $I_{se}(pk)$  y se determina con la Ecuación 51.

$$I_{se}(pk) = \left(\frac{N_P}{N_S}\right) I_P(pk) \quad (51)$$

**5.2.1.2 Modo 2.** Este estado comienza cuando se desactiva el interruptor  $Q_1$ . Se invierte la polaridad de los devanados, puesto que  $I_P$  no puede cambiar en forma instantánea. Esto hace que el diodo  $D_1$  se active y cargue al capacitor C de salida, y también suministra corriente a  $R_L$ . La corriente del devanado secundario, que disminuye en forma lineal (ver Ecuación 52).

$$i_{se} = i_{se}(pk) \frac{V_O}{L_S} t \quad (52)$$

Donde  $L_S$ , es la inductancia que magnetiza el secundario (ver Figura 50). En el modo discontinuo de operación,  $i_{se}$  disminuye en forma lineal hasta llegar a cero, antes de que se inicie el ciclo siguiente. Como se transfiere energía de la fuente a la salida sólo durante el intervalo de 0 a  $kT$ , la potencia de entrada está dada por la Ecuación 53.

$$P_i = \frac{1/2 L_P I^2 P(pk)}{T} = \frac{(KV_S)^2}{2fL_P} \quad (53)$$

Para una eficiencia de  $\eta$ , la potencia de salida  $P_o$ ; se puede calcular con la Ecuación 54.

$$P_o = \eta P_i = \frac{\eta(V_S k)^2}{2fL_P} \quad (54)$$

Que se puede igualar a  $P_o = V_o^2/R_L$ , y así se puede determinar cómo sigue el voltaje de salida (ver Ecuación 55)

$$V_o = V_S k \sqrt{\frac{\eta R_L}{2fL_P}} \quad (55)$$

Entonces se puede mantener constante  $V_o$  manteniendo constante el producto  $V_s k T$ . Como el ciclo de trabajo  $k_{m\acute{a}x}$  se tiene en el voltaje de suministro mínimo  $V_{s(min)}$ , la  $k_{m\acute{a}x}$  admisible para el modo discontinuo se puede deducir de la Ecuación 55 como se ve a continuación en la Ecuación 56.

$$k_{max} = \frac{V_o}{V_{s(min)}} \sqrt{\frac{2fL_P}{\eta R_L}} \quad (56)$$

Por lo tanto,  $V_o$  a  $k_{max}$  se expresa con la Ecuación 57.

$$V_o = V_{s(min)} k_{max} \sqrt{\frac{\eta R_L}{2fL_P}} \quad (57)$$

Como el voltaje  $V_{Q1}$  del colector de  $Q_1$  es máximo cuando  $V_{s(max)}$ , el voltaje máximo del colector,  $V_{Q1(max)}$  que se ve en la Figura 5.1, es:

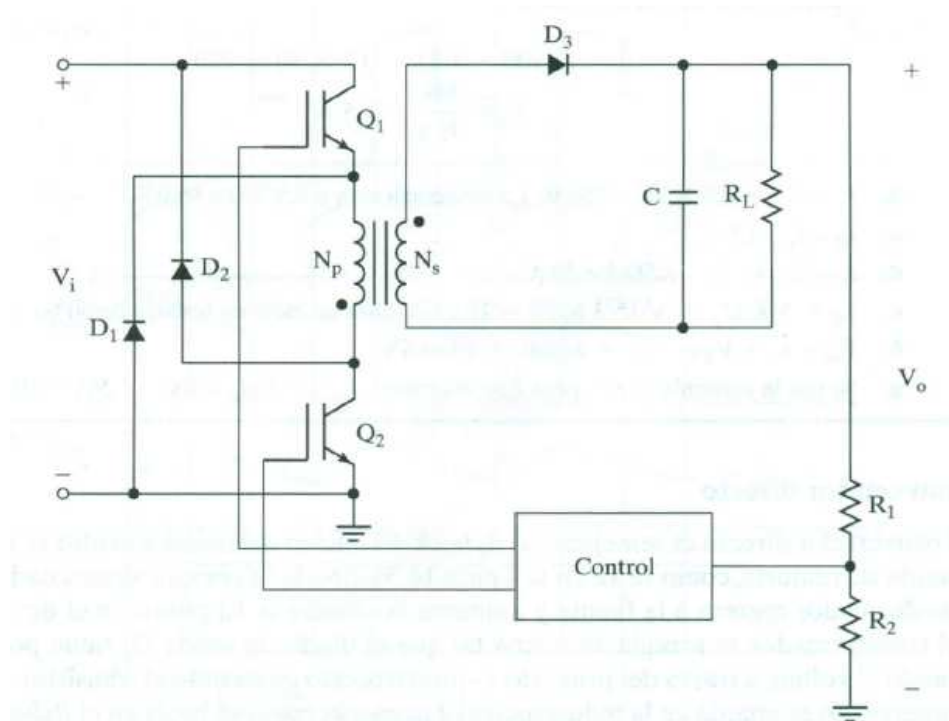
$$V_{Q1(max)} = V_{s(max)} + \left(\frac{N_P}{N_S}\right) V_o \quad (58)$$

La corriente pico  $i_p(pk)$  en el primario, que es la misma que la corriente máxima  $I_{c(m\acute{a}x)}$  en el colector del interruptor de potencia  $Q_1$ , es

$$I_{c(m\acute{a}x)} = i_p(pk) = \frac{2P_i}{kV_s} = \frac{2P_o}{\eta V_s k} \quad (59)$$

El convertidor Flyback se usa principalmente en aplicaciones de menos de 100 W. Se usa para obtener altos voltajes de salida a potencias relativamente bajas. Sus propiedades esenciales son su simplicidad y bajo costo. El dispositivo de conmutación debe ser capaz de sostener un voltaje  $V_{Q1(max)}$  de la Ecuación 42. Si el voltaje es demasiado alto, se puede usar el convertidor Flyback bilateral, como el que se ve en la Figura 51. Los dos dispositivos se activan o desactivan en forma simultánea. Los diodos  $D_1$  y  $D_2$  se usan para limitar el voltaje máximo del interruptor a  $V_s$ .

Figura 51. Circuito Flyback bilateral.

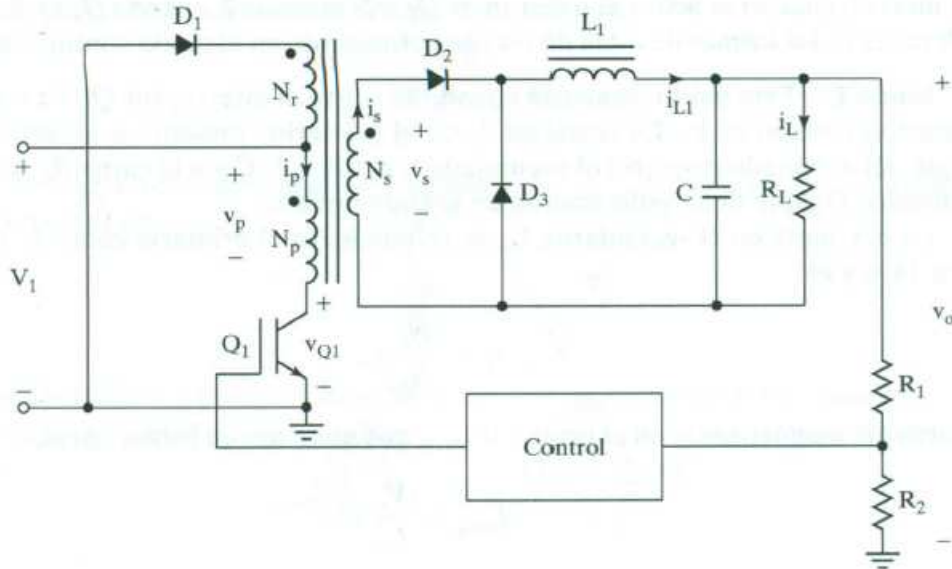


**5.2.1.3 Comparación de modos.** El modo continuo tiene la capacidad de mantener la potencia y garantizar la salida de tensión, sin tener en cuenta los sobre impulsos ocasionados en el primario, los devanados resisten la misma corriente y la salida se conserva igual. El modo 2 o discontinuo genera unos picos de corriente con la descarga del capacitor, lo que genera una corriente en el secundario que puede generar problemas de tensión y cortocircuito. Se supone de acuerdo a esto que es preferible el sistema continuo, por su estabilidad ante los cambios galvánicos, pero se utiliza el discontinuo con mayor frecuencia puesto que es mucho más fácil de implementar en un circuito de control, ya que la realimentación de un sistema continuo, genera un sobre costo.

**5.2.2 Convertidor Directo.** Es un sistema similar al Flyback. Posee en el transformador un núcleo de devanado reajutable, donde la energía almacenada en el núcleo del transformador regresa a la fuente y aumenta la eficiencia. El punto en el devanado secundario del transformador se caracteriza por que pone el diodo  $D_2$  en polarización directa cuando el voltaje a través del primario es positivo en el mismo momento en que  $Q_1$  está encendido (ver Figura 52). De esta manera la energía no se guarda en la inductancia del primario, como se hacía en el Flyback. El transformador funciona como transformador ideal, en el sentido estricto. Por lo general se trabaja en el modo continuo puesto que en el modo discontinuo es más

difícil controlar ya que existe un doble polo en el filtro de salida. Hay dos modos de operación:

Figura 52. Circuito Directo.



Al igual que en el convertidor Flyback, el sistema directo alimenta en dos modos, las topologías se ven evidenciadas por el estado activo de  $Q_1$ , en los ciclos iguales o discontinuos de operación.

**5.2.2.1 Modo 1.** Cuando se activa  $Q_1$  el voltaje a través del devanado primario es  $V_s$  y la corriente  $I_p$  en el primario comienza a acumularse y transfiere la energía del devanado primario al secundario y al filtro  $L_1C$  y a la carga  $R_L$ , a través del diodo rectificador  $D_2$ , que tiene polarización en sentido directo. La corriente en el secundario,  $I_{se}$  se refleja hacia el primario como  $I_p$  (ver Ecuación 60).

$$I_p = \frac{N_s}{N_p} I_{se} \quad (60)$$

La corriente magnetizante en el primario (ver Figura 53),  $i_{mag}$  que aumenta en forma lineal se ilustra en la Ecuación 61.

$$i_{mag} = \frac{V_s}{L_p} t \quad (61)$$

De esta manera la corriente total  $i'_p$  en el primario se muestra en la Ecuación 62.

$$i'_p = i_p + i_{mag} = \frac{N_s}{N_p} I_{se} + \frac{V_s}{L_p} t \quad (62)$$

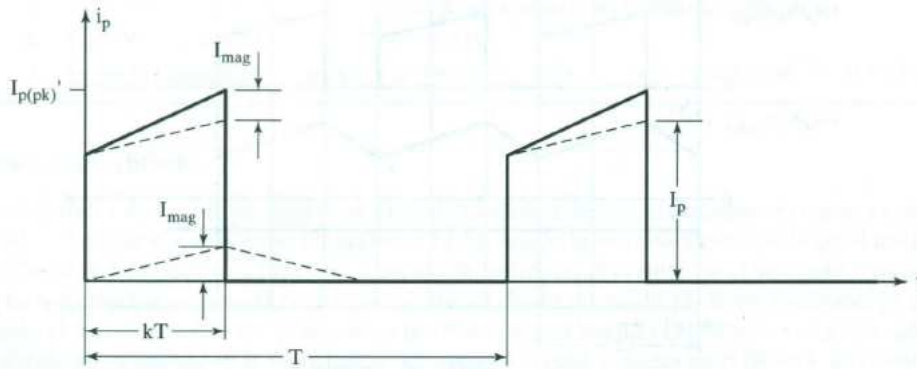
Finalizando cuando  $t = kT$ , la corriente en el primario toma un valor pico  $I'_p(pk)$ , determinado por la Ecuación 63.

$$I'_p(pk) = I_p(pk) + \frac{V_s kT}{L_p} \quad (63)$$

Donde  $I_p(pk)$ , es la corriente reflejada en el devanado  $L_1$ , determinada por la Ecuación 64.

$$I_p(pk) = \left(\frac{N_p}{N_s}\right) I_{L1}(pk) \quad (64)$$

Figura 53. Componentes de corriente en el primario.



La tensión desarrollada en el secundario se ve en la Ecuación 65.

$$V_{se} = \frac{N_s}{N_p} V_s \quad (65)$$

La rata de cambio del voltaje a través del inductor está dada por la Ecuación 66.

$$\frac{di_{L1}}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L_1} \quad (66)$$

Definiendo la salida pico del inductor en término de pulsos (ver Ecuación 67).

$$I_{L1}(pk) = I_{L1}(0) + \frac{(V_s - V_o)kT}{L_1} \quad (67)$$

**5.2.2.2 Modo 2.** Este modo comienza cuando se desactiva  $Q_1$ . Se invierte la polaridad del voltaje del transformador. Esto hace que  $D_2$  se desactive y que se activen  $D_1$  y  $D_3$ . Mientras conduce  $D_3$ , la energía va a  $R_L$  a través del inductor  $L_1$ . El diodo  $D_1$  y el devanado terciario forman una trayectoria para que la corriente magnetizante regrese a la entrada. La corriente  $I_{L1}$  por el inductor  $L_1$ , que es igual a la corriente  $I_{D3}$  por el diodo  $D_3$ , disminuye en forma lineal de acuerdo con la Ecuación 68.

$$I_{L1} = I_{D3} = I_{L1}(pk) - \frac{V_o}{L_1} t \text{ para } 0 < t \leq (1 - k)T \quad (68)$$

De acuerdo al modo de operación en tiempo continuo, la salida integral estará dada por la Ecuación 69.

$$V_o = \frac{1}{T} \int_0^{kT} \frac{N_s}{N_p} V_s dt = \frac{N_s}{N_p} V_s k \quad (69)$$

La corriente máxima del colector durante el estado de encendido será la Ecuación 70.

$$I_{c(max)} = I'_p(pk) = \left(\frac{N_p}{N_s}\right) I_{L1}(pk) + \frac{V_s k T}{L_p} \quad (70)$$

El voltaje máximo del colector en la desactivación equivale al máximo voltaje de la entrada más el voltaje máximo por el terciario (ver Ecuación 71).

$$V_{Q1(max)} = V_{s(max)} + V_{r(max)} = V_{s(max)} \left(1 + \frac{N_p}{N_r}\right) \quad (71)$$



Igualando la integral respecto al tiempo, cuando  $Q_1$  está activado al sistema de voltaje de fijación, cuando este apagado, se obtendrá la Ecuación 72.

$$V_s k T = V_r (1 - k) T \quad (72)$$

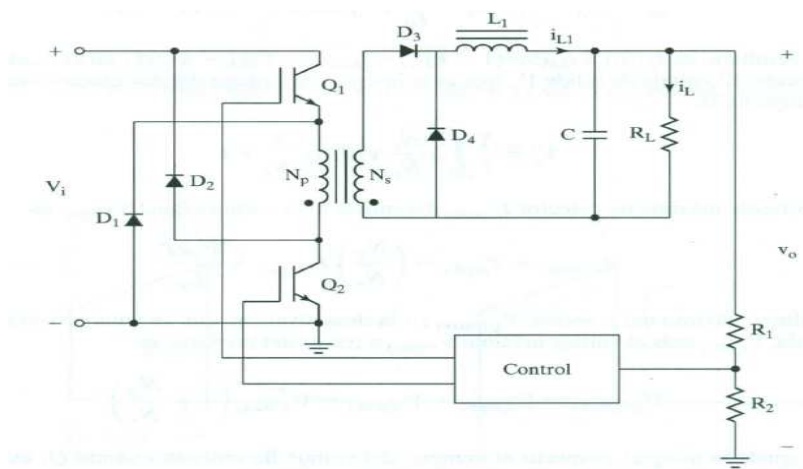
Que luego reemplazando en el ciclo de trabajo, resulta la Ecuación 73.

$$k_{m\acute{a}x} = \frac{1}{1 + N_r / N_p} \quad (73)$$

De esta forma,  $k_{m\acute{a}x}$  depende de la relación de espiras entre el devanado de reajuste y el primario. El ciclo de trabajo  $k$  se debe mantener por debajo del ciclo de trabajo máximo  $k_{m\acute{a}x}$  para evitar saturar al transformador. La corriente magnetizante del transformador se debe restablecer a cero en el final de cada ciclo. De no ser así, el transformador puede ir a la saturación, y se puede dañar el dispositivo de conmutación. Se agrega al transformador un devanado terciario, como se ve en la Figura 52, para que la corriente magnetizante pueda regresar a la fuente de alimentación  $V_s$  cuando el transistor se desactiva.

El convertidor directo se usa con regularidad para potencias de salida menores a 200 W, aunque puede construirse con facilidad para una potencia de salida mucho mayor. Las limitaciones se deben a la incapacidad que tiene el transistor de potencia para manejar los esfuerzos por voltaje y corriente. La Figura 54 muestra un convertidor directo bilateral. En el circuito se usan dos transistores que se activan y desactivan en forma simultánea. Los diodos se usan para restringir el voltaje máximo del colector a  $V_s$ . Por consiguiente, se pueden usar transistores con especificación para bajo voltaje.

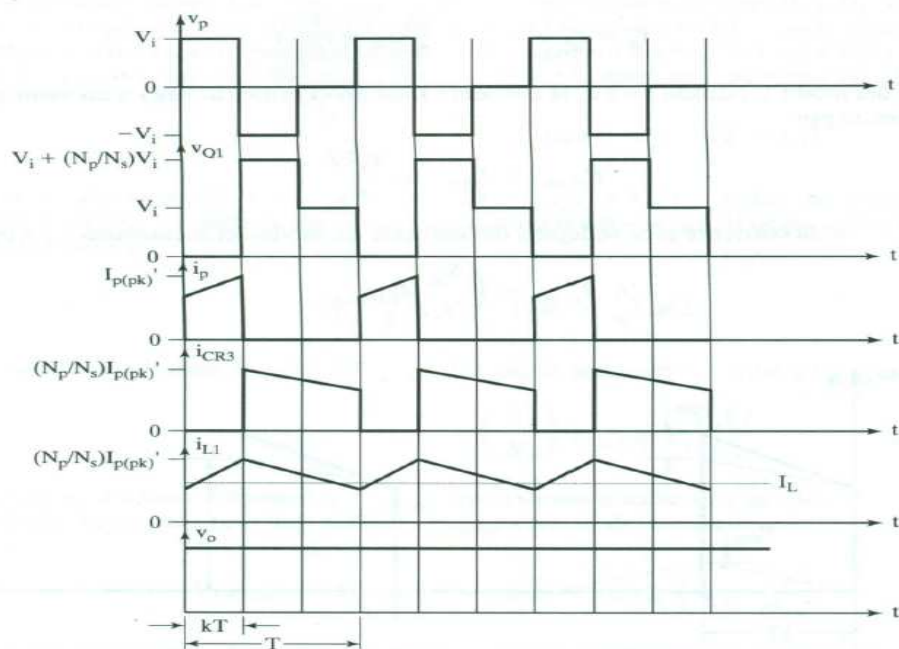
Figura 54. Convertidor directo bilateral.



**5.2.3 Comparación convertidores Flyback y Directo.** El convertidor directo requiere una carga mínima en la salida. De no ser así, puede ocasionar un cortocircuito a la salida, por recalentamiento. Para evitar esta situación se conecta una resistencia grande de carga en forma permanente a las terminales de salida. Como el convertidor directo no almacena energía en el transformador, se puede hacer menor el tamaño del transformador, para el mismo valor de potencia, que para el Flyback. La corriente de salida es constante, debido a la acción del inductor en la salida y el diodo de corrida libre  $D_3$ . En consecuencia, se puede hacer menor el capacitor del filtro de salida  $C$ , y su especificación de rizo de corriente puede ser mucho menor que la necesaria para el Flyback.

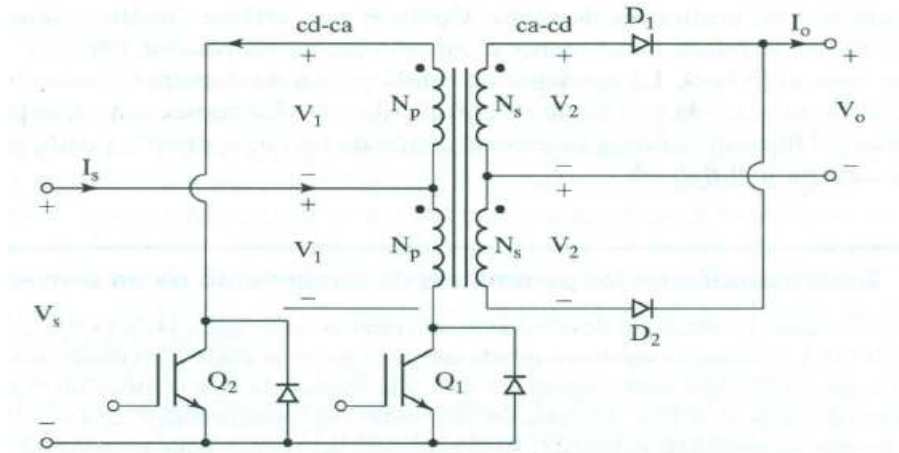
Si se analiza la Figura 55 Se evidencia el trazo del esbozo de lo que realiza el estado de descarga del Flyback, en el conversor directo en modo continuo se puede ver la carga libre del transformador al almacenar energía de forma magnética, y generar los picos de impulso eléctrico mostrados en la Figura 55.

Figura 55. Formas de onda de circuito Directo.



**5.2.4 Convertidor Push-Pull.** (ver Figura 56), La configuración a contra fase, es una similitud de un rectificador de onda completa con transformador de tap central, la diferencia la hace, el interruptor  $Q_1$ , puesto que sin su ciclo de activación y desactivación, no se puede llevar a cabo la alimentación de contrafase.

Figura 56. Circuito convertidor Push-Pull.



En los semiciclos se puede evidenciar que el devanado secundario entrega inicialmente  $-V_s$ , y luego  $V_s$ , de esta forma el voltaje de salida se puede ver en la Ecuación 74.

$$V_o = V_2 = \frac{N_s}{N_p} V_1 = aV_1 = aV_s \quad (74)$$

Los transistores funcionan con un ciclo de trabajo de 50%. El voltaje a circuito abierto es  $V_{OC} = 2V_s$ . La corriente promedio de un transistor es  $I_A = I_s/2$  y la corriente pico en el transistor es  $I_P = I_s$ . Como el voltaje del transistor con circuito abierto es el doble del voltaje de alimentación, esta configuración es adecuada para aplicaciones con bajo voltaje. El convertidor Push-Pull se activa con frecuencia, con una fuente de corriente constante  $I_s$  de tal modo que la corriente en el primario es una onda cuadrada que produce un voltaje en el secundario.

**5.2.5 Convertidor en medio puente.** Se puede considerar que este convertidor son dos convertidores directos "espalda con espalda" que se alimentan con el mismo voltaje de entrada, y que cada uno entrega potencia a la carga en cada medio ciclo alterno como se muestra en la Figura 57. Los capacitores  $C_1$  y  $C_2$  se colocan en paralelo con las terminales de entrada, de tal modo que el voltaje a través del devanado primario siempre es la mitad del voltaje de entrada  $V_s/2$  (ver Figura 58). Hay cuatro modos de operación:

Figura 57. Circuito convertidor en medio puente.

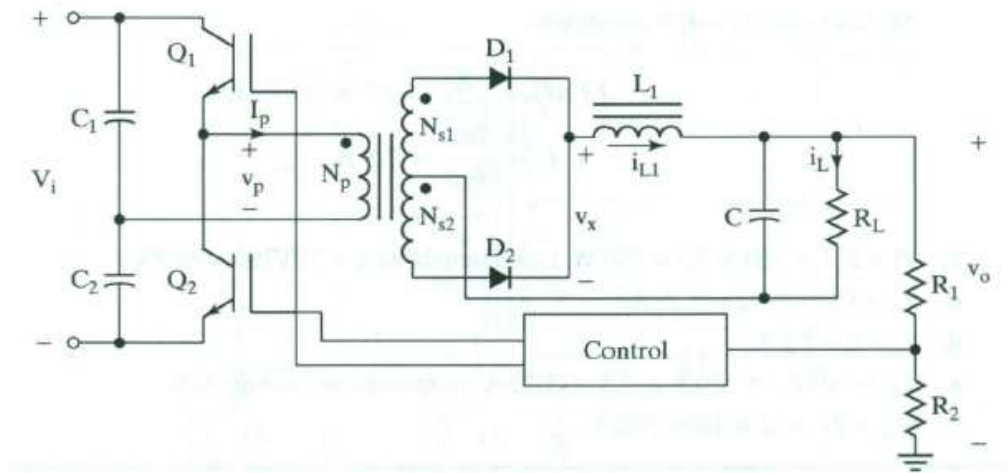
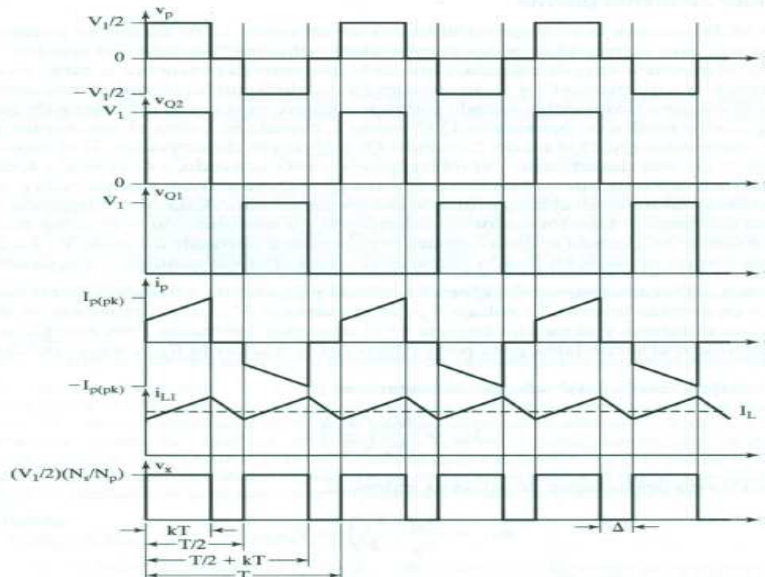


Figura 58. Forma de onda circuito en medio puente.



**5.2.5.1 Modo 1.** Durante este modo,  $Q_1$  está activado y  $Q_2$  está desactivado.  $D_1$  conduce y  $D_2$  está polarizado en sentido inverso. El voltaje  $V_p$  del primario es  $V_s/2$ . La corriente en el primario  $I_p$ , comienza a acumularse y almacena energía en el devanado primario. Esta energía se transfiere en sentido directo al secundario, pasa por el filtro  $L_1C$  ya la carga  $R_L$ , a través del diodo rectificador  $D_1$ .

El voltaje del secundario está dado por la Ecuación 75.

$$V_{se} = \frac{N_{S1}}{N_p} \left( \frac{V_S}{2} \right) \quad (75)$$

El voltaje a través de la bobina de salida es la Ecuación 76.

$$V_{L1} = \frac{N_{S1}}{N_p} \left( \frac{V_S}{2} \right) - V_o \quad (76)$$

La rata de aumento de la corriente está dada por la Ecuación 77.

$$\frac{di}{dt} L1 = \frac{V_{L1}}{L1} = \frac{1}{L1} \left[ \frac{N_{S1}}{N_p} \left( \frac{V_S}{2} \right) - V_o \right] \quad (77)$$

De donde la corriente pico por el inductor, al final de este modo, cuando  $t = kT$ . (Ver Ecuación 78)

$$I_{L1}(pk) = I_{L1}(0) + \frac{1}{L1} \left[ \frac{N_{S1}}{N_p} \left( \frac{V_S}{2} \right) - V_o \right] kT \quad (78)$$

**5.2.5.2 Modo 2.** Este modo es válido para  $kT < t \leq T/2$ . Durante este modo  $Q_1$  y  $Q_2$  están desactivados, y  $D_1$  y  $D_2$  son forzados a conducir la corriente magnetizante que se produjo durante el modo 1. Si se redefine el origen del tiempo en el principio de este modo, la tasa de caída de  $I_{L1}$  se da por la Ecuación 79.

$$\frac{di_{L1}}{dt} = -\frac{V_o}{L1} \text{ para } 0 < t \leq (0.5 - k)T \quad (79)$$

**5.2.5.3 Modo 3 y 4.** Durante el modo 3,  $Q_2$  está activado y  $Q_1$  está desactivado,  $D_1$  está polarizado en sentido inverso y  $D_2$  conduce. El voltaje  $V_p$  del primario es ahora  $-V_S/2$ . El circuito opera en la misma manera que en el modo 1, seguido por el modo 4, que es similar al modo 2. Se puede determinar el voltaje de salida  $V_o$  con la integral del voltaje del inductor  $V_{L1}$ , respecto al tiempo durante el periodo de conmutación  $T$ . (Ver Ecuación 80)

$$V_o = 2 \times \frac{1}{T} \left[ \int_0^{kT} \left( \frac{N_{S1}}{N_p} \left( \frac{V_S}{2} \right) - V_o \right) dt + \int_{T/2}^{T/2 - kT} -V_o dt \right] \quad (80)$$

Donde  $V_o$  se ve en la Ecuación 81.

$$V_o = \frac{N_{S1}}{N_p} V_s k \quad (81)$$

La potencia de salida está dada por la Ecuación 82.

$$P_o = V_o I_L = \eta P_1 = \eta \frac{V_s I_{p(prom)} k}{2} \quad (82)$$

Donde:

$$I_{p(prom)} = \frac{2P_o}{\eta V_s k} \quad (83)$$

Suponiendo que la corriente en el secundario es mayor a la corriente de carga reflejada por el primario, las corrientes de colector para los interruptores está dada por la Ecuación 84.

$$I_{C(máx)} = I_{p(prom)} = \frac{2P_o}{\eta V_s k_{máx}} \quad (84)$$

Luego en su estado de desactivación (ver Ecuación 89)

$$V_{C(máx)} = V_{s(máx)} \quad (89)$$

El ciclo de trabajo máximo  $k$  nunca puede ser mayor al 50%. El convertidor en medio puente se usa normalmente en aplicaciones con potencias intermedias. Debido a su propiedad de balanceo de núcleo, el convertidor en medio puente es la elección predominante para potencias de salida de 200 a 400 W.

**5.2.6 Comparación convertidores Directo y medio puente.** En el convertidor de medio puente, el esfuerzo dieléctrico está basado en los transistores de potencia de acuerdo al voltaje de entrada, puesto que en el sistema directo, solo llega la mitad, luego la salida de un convertidor en medio puente es el doble de la salida de uno directo teniendo en cuenta los mismos materiales. Se sigue recomendando utilizar Flyback o convertidor directo, puesto que al trabajar con potencias inferiores a 200W, el sistema responde en frecuencia, y en corriente, puesto que los de medio puente resultan más costosos.

**5.2.7 Convertidor en puente completo.** Por medio de los interruptores que se activan y desactivan, para producir una AC de onda cuadrada en el lado primario del transformador (ver Figura 59). El voltaje de salida se eleva (o se reduce), se rectifica y después se filtra para producir un voltaje de salida de DC. Se usa el capacitor  $C_1$  para balancear las integrales de volt-segundos durante los dos medios ciclos, y evitar que el transformador sea llevado a la saturación (ver Figura 60). Existen 4 posibles modos de conmutación:

Figura 59. Circuito en puente completo.

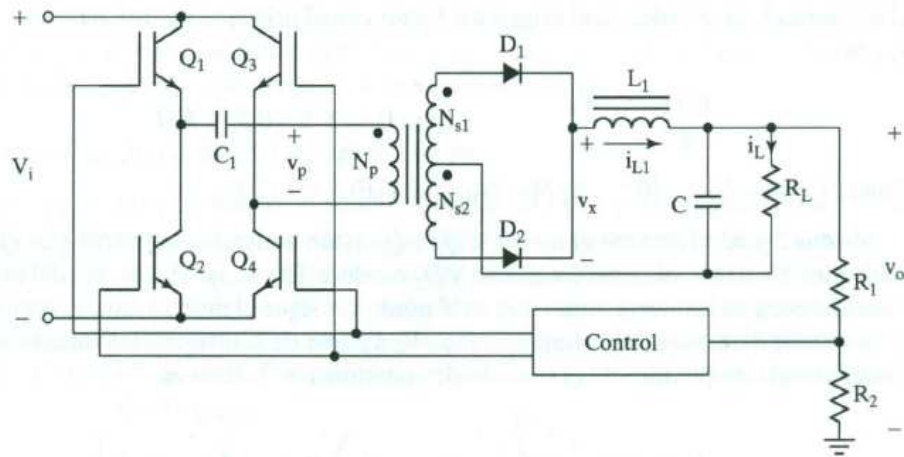
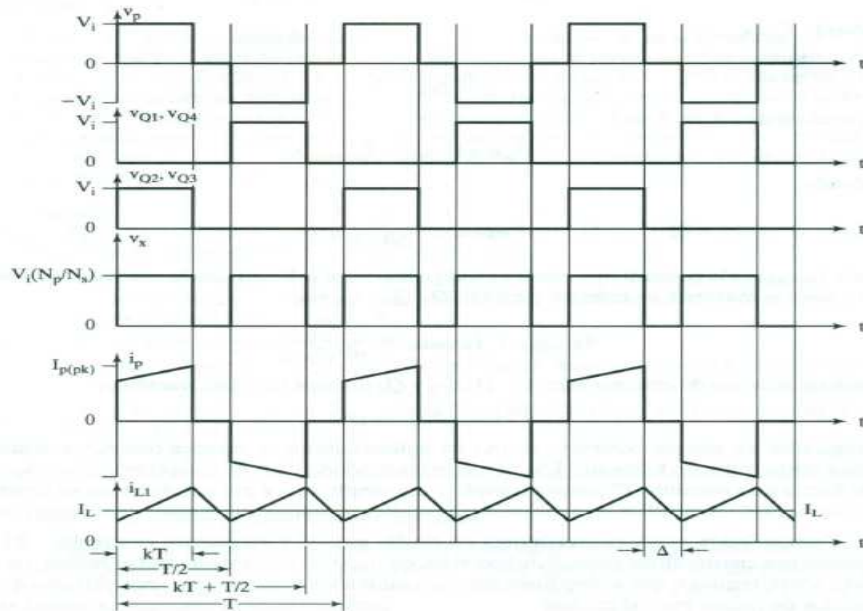


Figura 60. Forma de onda de circuito en puente completo.



**5.2.7.1 Modo 1.** Durante este ciclo se activan los interruptores  $Q_1$  y  $Q_2$ , luego se tiene la Ecuación 90.

$$V_{se} = \frac{N_s}{N_p} V_s \quad (90)$$

La corriente por el devanado 1 se referencia en la Ecuación 91.

$$V_{L1} = \frac{N_s}{N_p} V_s - V_o \quad (91)$$

La corriente por el inductor primario aumenta linealmente de la siguiente forma (ver Ecuación 92).

$$\frac{di_{L1}}{dt} = \frac{V_{L1}}{L_1} = \frac{1}{L_1} \left[ \frac{N_s}{N_p} V_s - V_o \right] \quad (92)$$

Donde la corriente de pico en términos de las veces y trabajo máximo se representa en la Ecuación 93.

$$I_{L1}(pk) = I_{L1}(0) + \frac{1}{L_1} \left[ \frac{N_s}{N_p} V_s - V_o \right] kT \quad (93)$$

**5.2.7.2 Modo 2.** En esta etapa todos los interruptores están abiertos, generando que los diodos  $D_1$  y  $D_2$ , de esta manera se obtiene la ganancia del modo 1, ya que el comportamiento anterior da paso en un instante mínimo de tiempo a la elaboración de este, luego la corriente en el inductor 1 se representa en la Ecuación 94.

$$\frac{di_{L1}}{dt} = -\frac{V_o}{L_1} \text{ para } 0 < t \leq (0.5 - k)T \quad (94)$$

**5.2.7.3 Modo 3 y 4.**  $Q_2$  y  $Q_3$  se encienden, mientras  $Q_1$  y  $Q_4$  se desactivan,  $D_1$  se abre y  $D_2$  conduce; de esta forma el voltaje en el primario equivale al secundario. El voltaje de salida, depende de la integral de conmutación, debido a que el modo 3 depende del modo 1 y el 4 del modo 2, luego el periodo de conmutación, explícitamente, es la función integral de estas. Entonces:

$$V_o = 2 \times \frac{1}{T} \left[ \int_0^{kT} \left( \frac{N_s}{N_p} \left( \frac{V_s}{2} \right) - V_o \right) dt + \int_{T/2}^{T/2 - kT} -V_o dt \right] \quad (95)$$



De donde  $V_o$  es la Ecuación 96.

$$V_o = \frac{N_s}{N_p} 2V_s k \quad (96)$$

Luego la potencia entregada es definida en la Ecuación 97.

$$P_o = \eta P_1 = \eta V_s I_{p(prom)} k \quad (97)$$

En donde:

$$I_{p(prom)} = \frac{P_o}{\eta V_s k} \quad (98)$$

Despreciando la corriente magnetizante del núcleo del transformador, se puede obtener la corriente de colector para los cuatro interruptores de la Ecuación 99.

$$I_{c(máx)} = I_{p(prom)} = \frac{P_o}{\eta V_s k_{máx}} \quad (99)$$

Luego en su estado de desactivación se observa en la Ecuación 100.

$$V_{C(máx)} = V_{s(máx)} \quad (100)$$

La fuente de alimentación con convertidor en puente completo se usa en aplicaciones con grandes potencias, desde varios 400 hasta unos aproximados 5kilowatts. Usa el núcleo magnético y los interruptores de semiconductor en la forma más eficiente. El puente completo es complicado, y por consiguiente su construcción es costosa, y sólo se justifica en aplicaciones con altas potencias, normalmente mayores de 500 W.

**5.2.8 Comparación convertidores medio puente y completo.** El medio puente utiliza dos interruptores de potencia, mientras que el completo usa cuatro, por consiguiente necesita dos compuertas adicionales con sus respectivos devanados para saturar la inductancia de los mismos y entrar en operación.

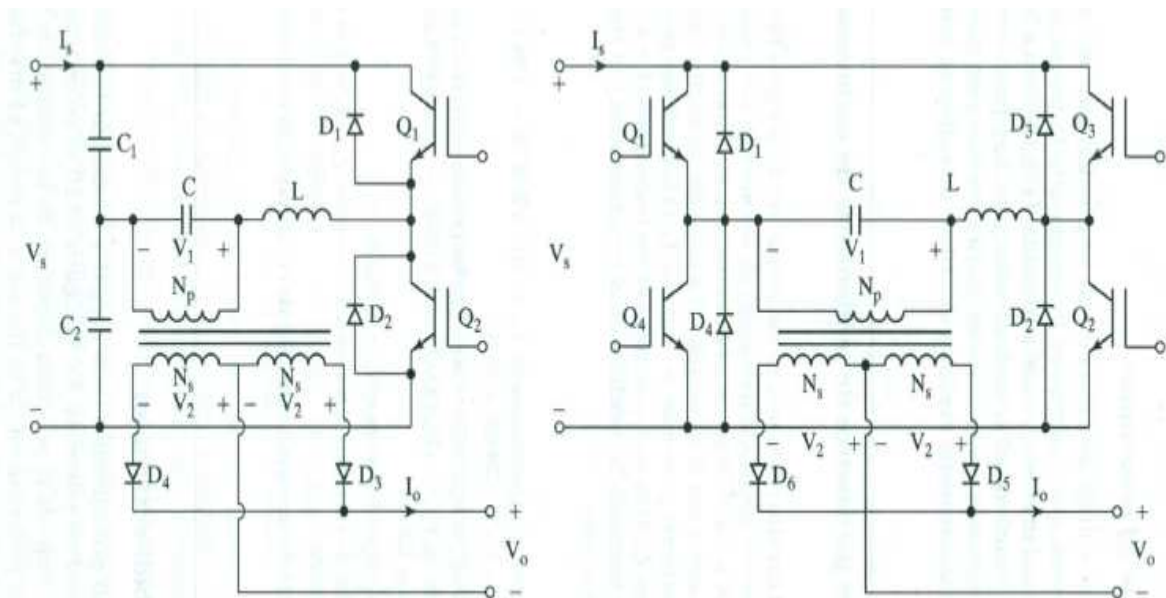
La potencia de salida del puente completo es el doble de la de medio puente, ya que sus colectores para cada interruptor es la mitad de la medida, pero la activación en cascada en cada modo, permite el incremento. El coste es mayor de

igual forma, luego por que los interruptores  $Q_1$  y  $Q_2$  son meramente de potencia, y no están cerrando el circuito en tierra, por lo cual se debe adicionar para cada uno de ellos un sistema de aislamiento, ya sea por transformador, o por optoacoplador.

### 5.3 FUENTES DE ALIMENTACIÓN DC RESONANTES

Sistema de inversor resonante, que posee una frecuencia natural en respuesta casi sinusoidal, debido al comportamiento fiel de poco rizado, y eficiencia de hasta un 90% por el sistema de transformación de energía como se ve en la Figura 61. El transformador no retiene energía por núcleo, así que no retarda el ciclo, de esta forma su uso se limita a actividades lógicas que se limiten por tiempo, pues su potencia no brinda mayores aplicaciones.

Figura 61. Circuito resonante DC en medio puente, y puente completo.



### 5.4 FUENTES DE ALIMENTACIÓN BIDIRECCIONALES

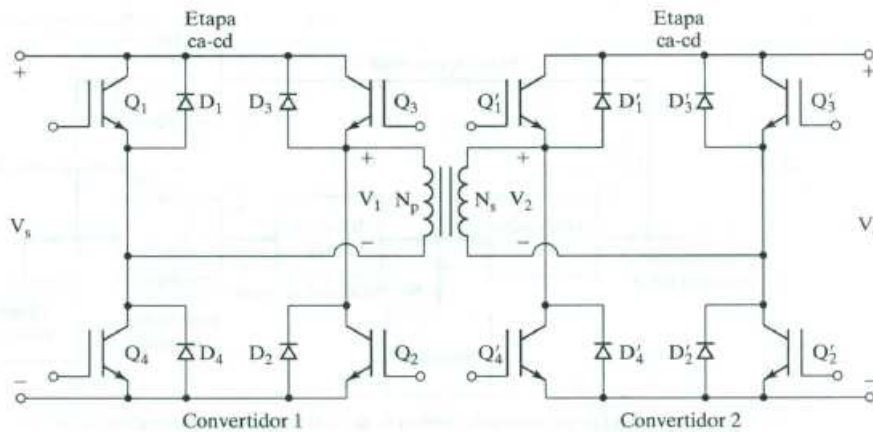
Los inductores se cargan y descargan en cualquier sentido dependiendo de la acción directa de la aplicación, si la actividad de carga de baterías está ligada a la excitación entiendo real de la carga, es decir que depende su alimentación (ver Figura 62), de la cantidad de carga activa que halla a la salida, determinada por el inversor en la entrada (ver Ecuación 101).

$$V_a > aV_s \quad (101)$$

Si la carga activa del transformador es mayor que la carga inductiva del inverso, el voltaje entregado se definirá por la relación inversa (ver Ecuación 102).

$$V_a < aV_s \quad (102)$$

Figura 62. Circuito bidireccional.



## 5.5 DISEÑO DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN DC CONMUTADA DE TIPO DIRECTO

...Ver detalles en el numeral 5.2...De acuerdo al análisis realizado, en el estudio de cada uno de los sistemas de alimentación de corriente directa, se puede llegar a evidenciar, diferencias notables que permiten seleccionar una de ellas, para acoplar a la batería y de esta manera poder entregar la tensión y la corriente necesaria para cada tipo de celular.

El sistema que almacena la energía, tiene la capacidad de entregar una tensión de hasta 12V, de esta forma la alimentación de la fuente conmutada llega a este límite, con la capacidad de duplicar su tensión, generando un sistema de frecuencia activo que permite que la corriente solo se reduzca en un 50% mientras la tensión iguala al doble de la sobre carga de la fuente.

Se elige ésta fuente conmutada, debido a que los sistemas resonantes, no entregan calidad en potencia, lo cual es un problema para conservar las características de los fabricantes de los equipos celulares. Los sistemas

bidireccionales, no poseen una función temporal de frecuencia, y esto puede acelerar o retener la carga de las baterías celulares, lo que puede generar un daño en el material químico de las mismas. Las fuentes conmutadas permiten gran campo de acción, tanto en frecuencia como en potencia; el sistema Flyback, entrega poca potencia a grandes frecuencias, pero es impreciso en cuanto a la ganancia de tensión, ya que al tener una eficiencia baja, para alcanzar estabilidad se debe tener un transformador de mayor núcleo. El sistema Push-Pull, realiza una inversión por activación de flanco, que genera frecuencias muy limitadas, y estas a su vez, pueden ocasionar fallas en el Motor DC, pues los armónicos que posee son significativos.

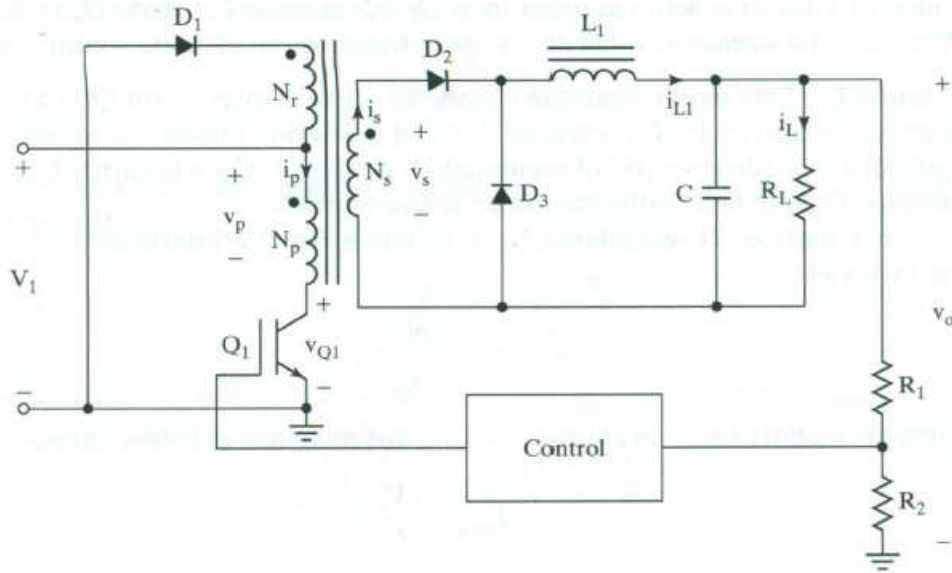
Si se observa detenidamente los sistemas en medio y puente completo, sería estos los más apropiados para dicho sistema, pero al analizar costos, los transformadores y transistores que llevan estos sistemas, tienen un valor en el mercado que puede llegar a superar en centenas el valor de los mismos elementos para otro tipo de convertidor, puesto que uno está diseñado para potencias de hasta 200Watts y el otro entre 400 y 1000Watts.

Por estas razones, y además porque solo se necesitan de 3 a 7V de salida, a una frecuencia de conmutación que garantice corriente continua desde 300 hasta 1500mA, para alimentar cualquier tipo de celular, se diseñará una fuente tipo directo (ver Figura 63), en la cual se tendrá una corriente de salida casi constante, de acuerdo a los requerimientos de tensión, con un rizado que no alcanza el 5%.

Se podrá utilizar un transformador pequeño, que regule la tensión hasta los 6V, y de acuerdo a la razón de transformación, la corriente estará disponible para un 150% adicional, de acuerdo a la tensión de entrada a la fuente. Los transistores serán de baja potencia, y se ganará ese valor en frecuencia para garantizar el buen funcionamiento. Los detalles del modelado son:

El voltaje promedio de la salida será de  $V_o = 5V$ , la carga resistiva manejada por las baterías oscila entre los 4, 8, y 16 $\Omega$ ; suponiendo una caída de 1.5 en los transistores y 0.7 en los diodos, de acuerdo a los múltiples posibles a escoger. El ciclo de trabajo tendrá un máximo del 40% y la frecuencia de conmutación es de 1kHz. La salida de la batería es de 12V. El transformador tendrá una relación de 0.2727 de acuerdo al común de 30V a 110V, para un máximo de corriente por devanado de 3A. (En el diseño, se enumerará de nuevo las ecuaciones vistas en el capítulo 5.2.2, con la secuencia actual).

Figura 63. Elementos para el diseño.



De acuerdo a estas características se tiene que:

La relación del transformador está dada por la Ecuación 103.

$$a = \frac{N_S}{N_P} \quad (103)$$

Donde

$$\frac{N_S}{N_P} = 0.2727 \quad (104)$$

Luego,

$$I_o = \frac{V_o}{R} \quad (105)$$

En donde se utilizará la resistencia mínima de diseño, en este caso  $0.9\Omega$ , de acuerdo al voltaje de entrada, para garantizar, la fuente en el transformador. (Ver Ecuación 106)

$$I_o = \frac{V_o}{R} = \frac{5V}{0.9\Omega} = 5.55A \quad (106)$$

La potencia de salida (ver Ecuación 107)

$$P_o = V_o I_o = 5V * 5.55A = 27.7778W \quad (107)$$

El voltaje en el secundario es:

$$V_2 = V_o + V_D = 5V + 0.7 = 5.7V \quad (108)$$

El voltaje en el primario es:

$$V_1 = V_s - V_t = 12 - 1.5 = 10.5V \quad (109)$$

La relación de espiras del transformador es:

$$a = \frac{V_2}{V_1} = \frac{5.7}{10.5} = 0.5428 \quad (110)$$

La cual está de acuerdo a la aproximación sugerida; luego la potencia de entrada leyendo la malla de salida en términos de corriente se da por la Ecuación 111.

$$P_i = V_s I_s = V_t k I_s + V_d (1 - k) I_s + V_d I_o + P_o \quad (111)$$

De acuerdo a la ecuación anterior, se puede obtener el valor de la corriente promedio de entrada, que suministra la batería, la cual es:

$$I_s = \frac{V_d I_o + P_o}{V_s - V_t k - V_d (1 - k)} = \frac{0.7V * 5.55A + 27.7778W}{12V - 1.5V * 0.4 - 0.7V(1 - 0.4)} = 2.8836A \quad (112)$$

Lo que quiere decir, que la corriente de entrada que suministrará la batería es la cuarta parte de la utilidad, luego no se descargará tan rápido y necesitará menos ejercicio en la bicicleta para mantener cargada.

Ahora se observará el rendimiento de la fuente, de acuerdo a su eficiencia, de esta manera se tiene que:

$$P_i = V_s I_s = 12V * 2.8836A = 34.6041W \quad (113)$$

Entonces:

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} = \frac{27.7778W}{34.6041W} * 100 = 80.27\% \quad (114)$$

Para la elección del transistor, se tiene que éste va a trabajar el 40% del ciclo, luego por allí circulará toda la corriente de la batería (ver Ecuación 115)

$$I_A = kI_s = 0.4 * 2.8836A = 1.1534A \quad (115)$$

El sobre-impulso de carga y descarga del devanado del primario, genera un pico, el cual activa o desactiva el transistor, luego su valor es:

$$\Delta I_p = 0.05I_s = 0.05 * 2.8836A = 0.1441A \quad (116)$$

Componente de DC que altera la variación en el transistor (ver Ecuación 117).

$$I_{RMS} = \sqrt{k(I_s^2 + \frac{\Delta I_s}{3} + \Delta I_s * I_s)} \quad (117)$$

$$I_{RMS} = \sqrt{0.4((2.8836A)^2 + \frac{0.1441A}{3} + 0.1441A * 2.8836A)} = 1.8738A \quad (118)$$

Y la tensión que puede soportar el transistor en circuito abierto:

$$V_{oc} = V_s + \frac{V_2}{a} = 12V + \frac{5.7V}{0.5428} = 22.50V \quad (119)$$

De acuerdo al cálculo de bobinas, se tiene que el valor de la inductancia del sistema que atrasa la corriente tenga una corriente pico a pico oscilante en un 4%, para el voltaje, haciendo el transformador ideal, se tiene un margen del 2%. (Véanse Ecuación 120 y Ecuación 121).

$$\Delta I_{L1} = 0.04I_o = 0.04 * 5.55A = 0.222A \quad (120)$$

$$\Delta V_o = 0.02V_o = 0.02 * 5V = 0.1A \quad (120)$$

$$L_1 = \frac{\Delta V_o k}{f \Delta I_{L1}} = \frac{0.1V * 0.4}{1000Hz * 0.222A} = 180\mu H \quad (121)$$

Para la selección del transformador, se debe cumplir, que el rizado esté dentro del margen del 5% para garantizar la mayor capacidad de corriente directa, en la entrega con carga, luego la inductancia correspondiente a la entrada de 12V de la batería debe ser:

$$L_p = \frac{(V_s - V_t)k}{f(\Delta I_p - a * \Delta I_{L1})} = \frac{(12V - 1.5V)0.4}{1000Hz(0.1441A - 0.5428 * 0.222A)} = 120.5mH \quad (122)$$

Luego se tendrá la siguiente lista de elementos para el diseño, con el circuito equivalente:

Alimentación: De acuerdo a los análisis en el capítulo 4, se determina la siguiente batería:

- Fuente: Batería 12V@3A

Rectificación: Debido a que la corriente por el primario equivale a la del transistor, la corriente para  $D_1 = 1.1534A$ . La corriente por el secundario es  $I_s = 2.8836A$ , luego es la misma que debe pasar por el  $D_2$ , por el  $D_3$  pasará la diferencia de la inductancia y el  $I_s$ , luego su corriente será equivalente a

$$I_{D3} = 2.8836A - 0.222A = 2.6616 \quad (123)$$

Entonces:

- D1=1N5408 1000V@3A
- D2=6A05 50V@6A
- D3=6A05 50V@6A

Conmutación: en la descripción detallada del diseño, se formularon los patrones de fabricación que debe cumplir el transistor, luego son:

- Corriente por el transistor,  $I_A = 1.1534A$
- Mínimo pico de respuesta por el transistor,  $\Delta I_p = 0.1441A$
- Corriente RMS por el transistor,  $I_{RMS} = 1.8738A$
- Tensión de transistor en circuito abierto,  $V_{oc} = 22.50V$
- Frecuencia de oscilación mínima,  $f = 800Hz$



- Luego el transistor elegido es el TIP122

Aislamiento: Se utilizará un transformador con tap central con relación de 0.2727 entre espiras al primero devanado y de 0.5428 al segundo, para éste objetivo, el voltaje de suministro será de un máximo de 15V por devanado, para entregar 110V por secundario, puesto inversamente, para la limitación de tensión a la salida, puesto que se reducirá la salida de tensión; La inductancia mínima es de 120mH, para lo cual se contará con el siguiente transformador:

- TR14 (115-150V//17-0-17V@5A)

La bobina de acuerdo a los diseños debe ser,  $L_1 = 180\mu H$

El filtro de salida se carga al voltaje de salida, luego se tiene la Ecuación 124.

$$V_c = V_o - V_d = 5V - 0.7 = 4.3V \quad (124)$$

Éste debe operar a una frecuencia mínima de 1kHz (ver Ecuación 125).

$$C = \frac{I_o}{V_{riz}f} \quad (125)$$

Donde

$$V_{riz} = \%_{riz} * V_o = 0.05 * 5V = 0.25V \quad (126)$$

Luego,

$$C = \frac{5.55A}{0.25V * 1000Hz} = 2220\mu F \quad (127)$$

Se utilizará un control por PWM, cuyo valor de alimentación es de 5V, luego la señal de entrada entre  $R_1$  y  $R_2$  debe ser igual a la salida, entonces  $R_1 = 0$ , y  $R_2 = 10K$ .

Por medio de un circuito integrado LM311, se hará un amplificador tipo integrador, en el cual se ingresará una señal de rampa, generada por un transistor en estado de conmutación. La señal de salida de este control, generará un ancho de pulso que es realimentado por la salida entre  $R_1$  y  $R_2$ , y de esta manera se podrá garantizar los 5V de salida sin importar cuál sea la corriente.

## CAPÍTULO 6. DISEÑO FINAL

### 6.1 SISTEMA ELECTROMECAÁNICO

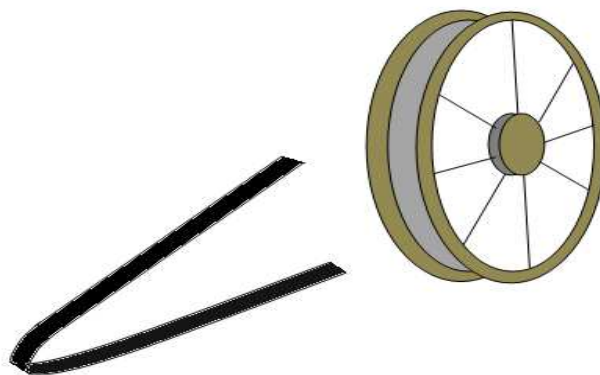
Al ser necesario un elemento transmisor entre la energía mecánica de la bicicleta y el generador shunt de corriente continua, se tomó como referencia los diferentes tipos de transmisiones, centrándose en las transmisiones flexibles, más objetivamente en las transmisiones por correa, debido a que puede ser acoplada a distancias relativamente alejadas una de otra, por su trabajo suave y sin choques y además, por su costo bajo de instalación.

La instalación de éste lleva consigo varias partes importantes las cuales son:

- Bicicleta estática
- Polea motriz
- Polea a mover
- Correa

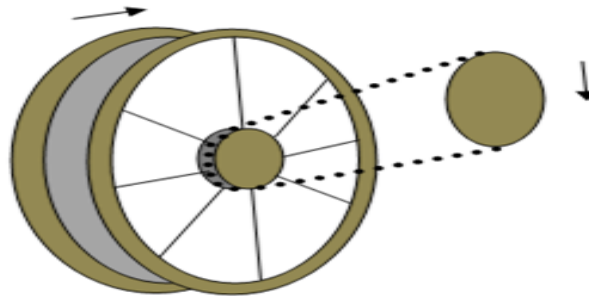
La bicicleta estática: Ésta puede tener dos condiciones, que sea una bicicleta tipo híbrido o bicicleta de montaña y una bicicleta de tipo estática. Para el desarrollo del trabajo se escogió la primera por simplicidad, facilidad de escogencia y por costo, además porque la forma de transformarla en bicicleta estática no era complicada y los elementos para su desarrollo son de fácil obtención e instalación; la integración para la transmisión fue por medio de la llanta de atrás de la bicicleta, es decir, se extraerán la llanta y el neumático de la bicicleta, dejando el rin únicamente, de allí se sacará la correa para la transmisión, como se ve en la Figura 64.

Figura 64. Ubicación de banda en rin.



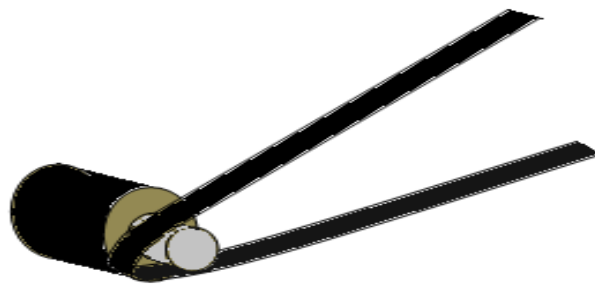
Polea motriz: Como polea motriz se tomará la llanta trasera de la bicicleta, en la cual irá situada la correa, debido a que, a los pedales pasara la fuerza ejercida por el ciclista, que al mismo tiempo la transmite a la Catarina y ésta a su vez, la transmite a la cadena, donde, por último, si sitúa en la llanta trasera (ver Figura 65); dependiendo de la fuerza realizada por el ciclista dependerá la fuerza, la velocidad y la relación de revoluciones por minuto que tendrá la llanta trasera, debido a su importancia en la generación de energía en el proyecto.

Figura 65. Relación de la cadena entre Catarina y llanta.



Polea a mover: Esta está situada en el cabezal del generador que es el que recibe el lado opuesto de la banda, situada a una distancia prudencial de la llanta trasera, para recibir el máximo de energía posible, transmitida por la llanta a la correa y esta, a la polea del generador (ver Figura 66); tanto la polea motriz como la polea movida, son demasiado importantes porque de ellas depende de que la carga, que en este caso el generador, pueda utilizar toda la energía transmitida, además de que no hallan pérdidas por deslizamiento.

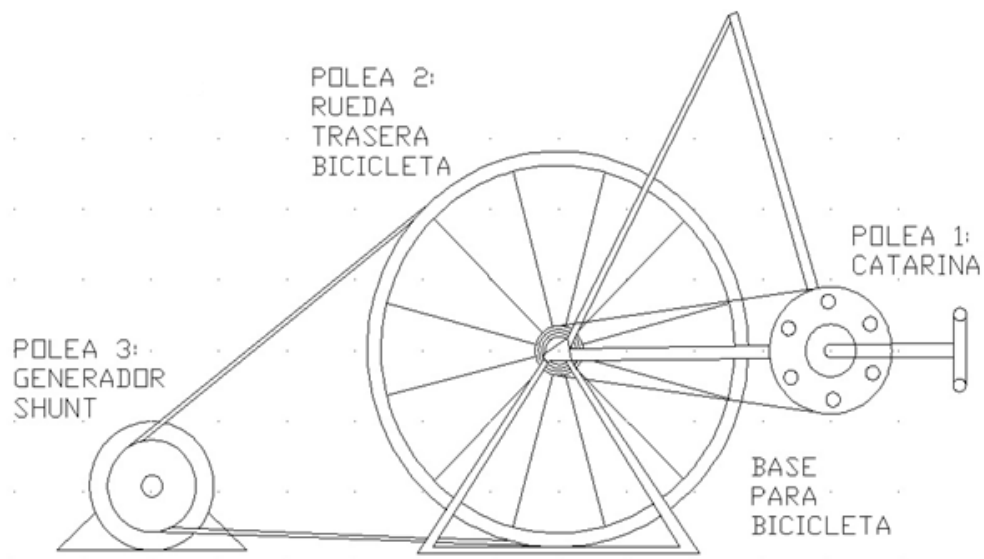
Figura 66. Relación de banda al cabezal del generador.



Correa: Esta parte fundamental en la transmisión, puede ir de varios materiales, puede ser de caucho o cuero, dependiendo de la necesidad y del tipo de poleas; al ser una correa lisa se debe mejorar el índice de rozamiento con las poleas las cuales también a su vez, son de material liso o tienen una superficie lisa; la forma más simple de transformar estas estructuras para su buen funcionamiento es adjuntar o corroer a las poleas, y así, mejorar la adherencia entre las partes en relación.

El sistema de transmisión mecánica está finalmente determinado por la Figura 67.

Figura 67. Sistema de transmisión mecánica.



## 6.2 SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA

Para el sistema de generación de energía se escogió la máquina de generación de corriente continua llamada shunt, esto debido a que no se necesita una máquina de corriente alterna, porque se necesita almacenar la energía generada por éste en un banco de baterías, si se tuviera un generador de corriente alterna se necesitaría transformar la energía en corriente continua para poder almacenarla y después utilizarla. Para obviar este paso innecesario para el desarrollo, solo es necesario utilizar el generador de corriente continua que directamente se puede almacenar, éste se puede ver en la Figura 68.

Figura 68. Motor shunt.



### 6.3 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Para este sistema de almacenamiento del voltaje, generado por el motor shunt o motor serie, se utilizará una batería sellada tipo ácido-plomo (ver Figura 69) o SLA por sus siglas en inglés (Sealed Lead Acid), la cual está presente en el mercado, siendo la más afianzada y es la más distribuida a nivel mundial, puesto que es la que se utiliza para la energía de los vehículos automotores y de todos sus elementos electrónicos, como luces, alarma, radio y otros.

La conexión del motor shunt hacia la batería se deberá hacer de tal forma que el sentido de la corriente, que sale del motor, no vaya a generar un cortocircuito en el momento en que se conecte a la batería.

Figura 69. Batería Ácido-Plomo.



## 6.4 SISTEMA DE CONMUTACIÓN DE ENERGÍA

El sistema de conmutación cuenta con una fuente de tipo directo, con una frecuencia de 1kHz, capaz de accionar una variación mínima de corriente de acuerdo a la carga del celular que se conectará. Los componentes para su elaboración, detallados en el capítulo 5.5, tienen un valor mínimo en el mercado, lo que proporciona su fácil adquisición y elaboración.

El tamaño de la fuente de acuerdo a los elementos que la componen ocupa un área de 100cm<sup>2</sup>. Al ser un tamaño tan reducido, se podrá implementar un sistema de ventilación, para evitar el recalentamiento que produce la conmutación.

La fuente se conecta directamente en las borneras de la batería de suministro, por medio de cable vehicular. Cuando la bicicleta esté en movimiento, puede incrementar la tensión a la entrada de la fuente (ver Figura 70), entonces se utiliza un transformador en la fuente, que entrega aproximadamente el doble de la energía, de esta forma como el bobinado está en posición inversa, si se eleva el voltaje se satura la corriente, entonces la tensión a la salida no cambiará (ver Figura 71); así no es necesario desconectar los celulares cuando se esté haciendo ejercicio.

Figura 70. Voltaje DC a primario del transformador

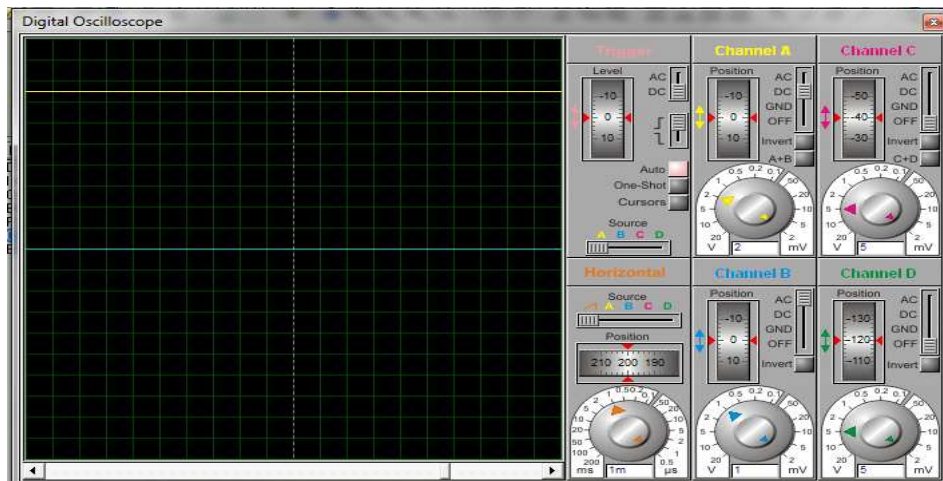
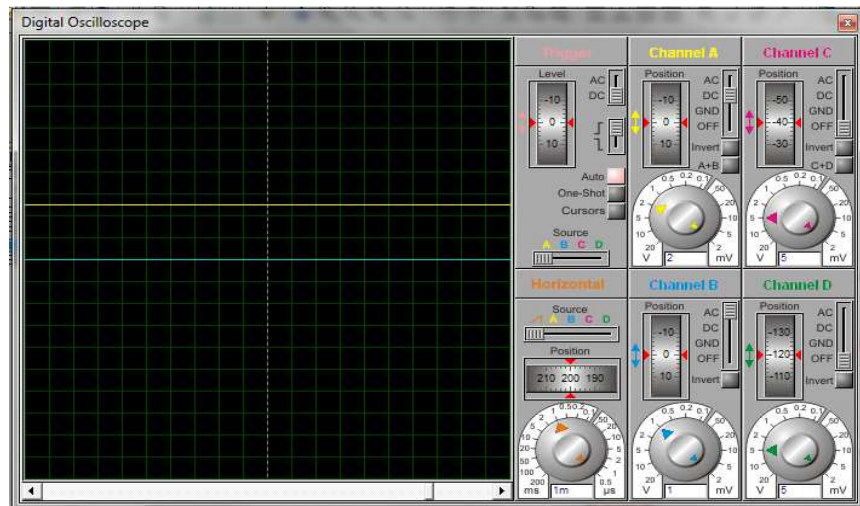
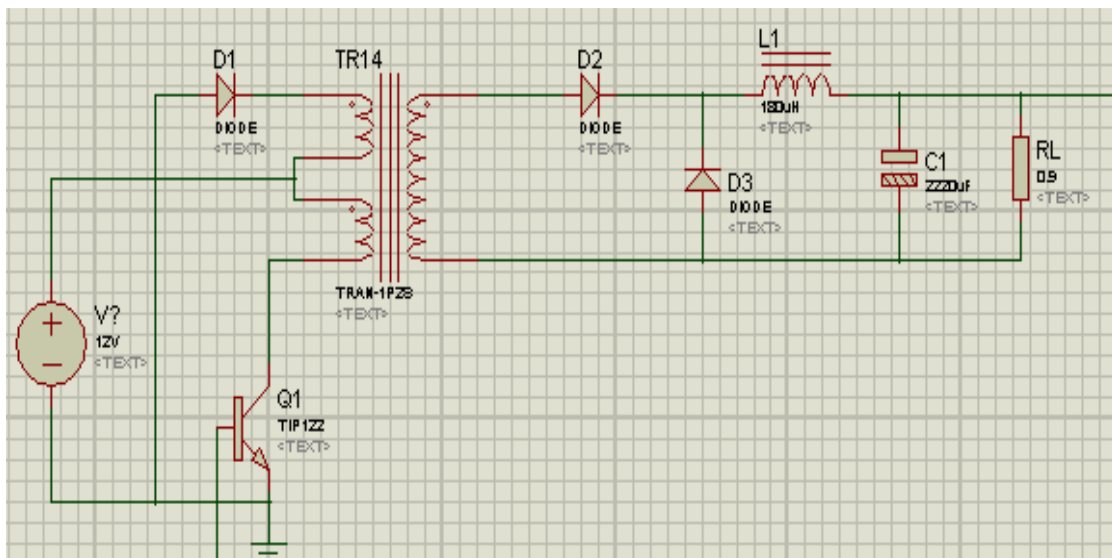


Figura 71. Voltaje DC a la salida del transformador sin pico de sobre impulso.



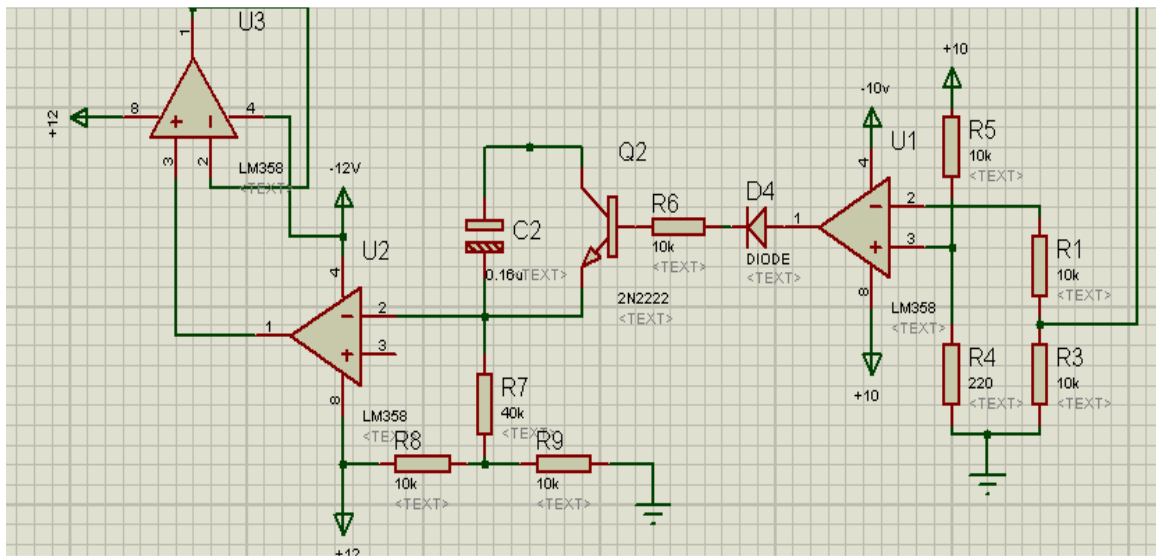
Al realizar el proceso de diseño se detectaron valores de elementos pasivos no comerciales para su adquisición, lo que llevó a la realización de mejoras y aproximaciones que llevaran éste diseño a un final de alto rendimiento, de esta forma se elaboró el esquema de la Figura 72.

Figura 72. Fuente de conmutación.



Al realizar éste diseño, se comenzó a generar la búsqueda de un sistema de control adecuado para responder a señales de corriente continua en conexión directa. Realizando el primer ensayo, se escogió un sistema de control por comparación de tensión, por medio de amplificadores operacionales, como se evidencia en la Figura 73.

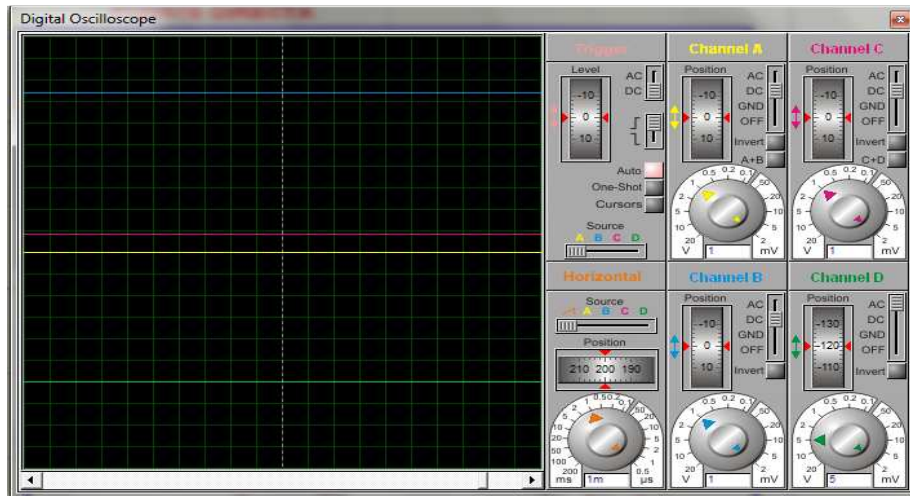
Figura 73. Sistema de control por comparación de tensión.



Los resultados en éste caso, no fueron los esperados, puesto que el voltaje de salida se vio reducido cuando cambiaba el voltaje a la entrada, debido a que la corriente que necesitan los equipos en su forma de conexión es muy alta y no responden en frecuencia, como debería ser, luego el transistor elegido en el diseño se satura antes de tiempo y se cae la tensión en la salida; en la Figura 74, se muestra de color azul la entrada al sistema, la salida está de color fucsia, mientras que la señal de reacción del comparador de control, es nula, puesto que no ofrece la frecuencia ni la corriente necesaria para operar.

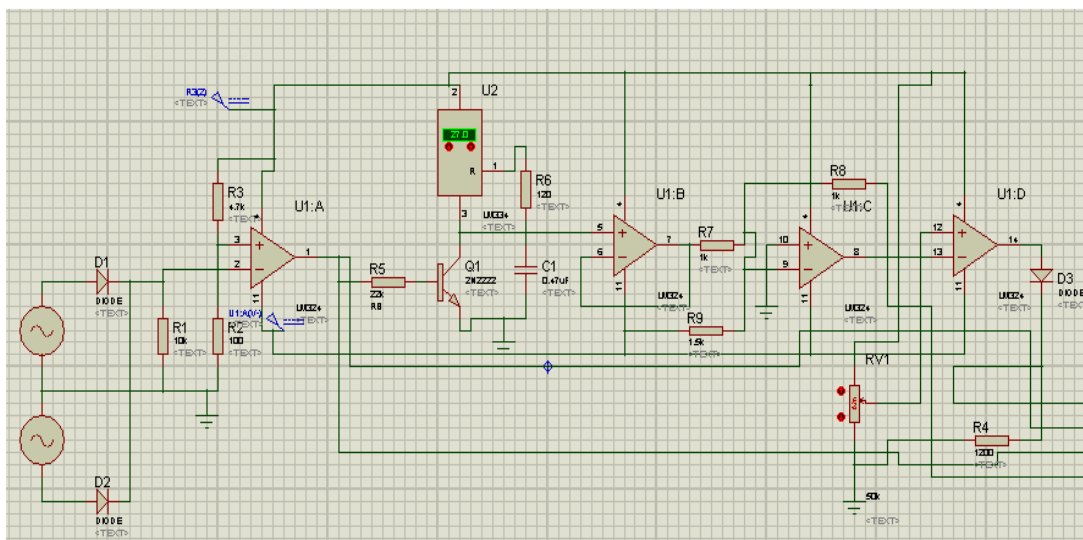


Figura 74. Señal de control en modo comparador de tensión.



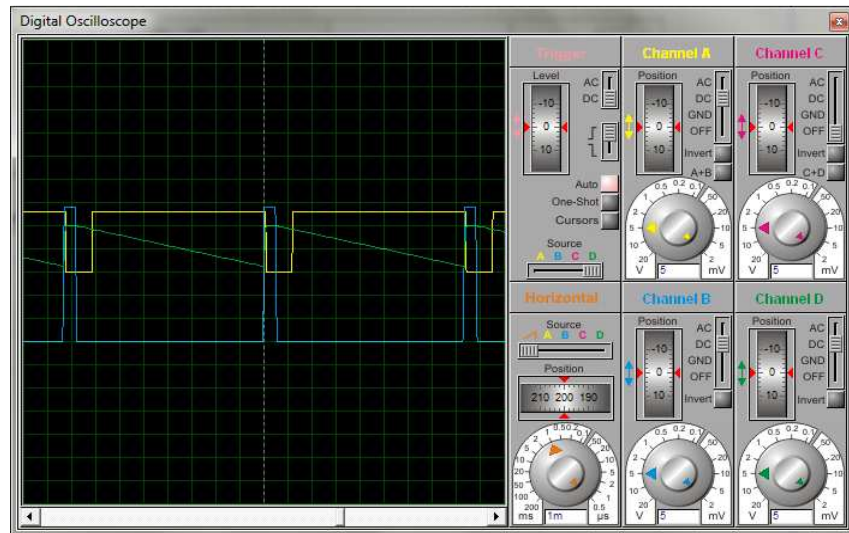
Debido al inconformismo con la operación del modo de control visto en la Figura 73, se procedió a mejorar el esquema de control, y se diseño sobre éste esquema un actuador, anexando un generador de rampa y un PWM, que garantizara la apertura del transistor, de manera tal que la frecuencia de oscilación fuese transformada en voltaje, para controlar anchos de pulsos, mientras cambia la corriente de saturación dentro del transformador, luego se elaboró el esquema de la Figura 75, donde se incluye el transformador de conmutación y se reemplaza por entradas alternas, con una señal de acción en DC.

Figura 75. Control por actuador.



Realizando ésta adición, al diseño de la Figura 73, para regular la tensión y la corriente de conmutación, se evidenció el comportamiento mostrado en la Figura 76.

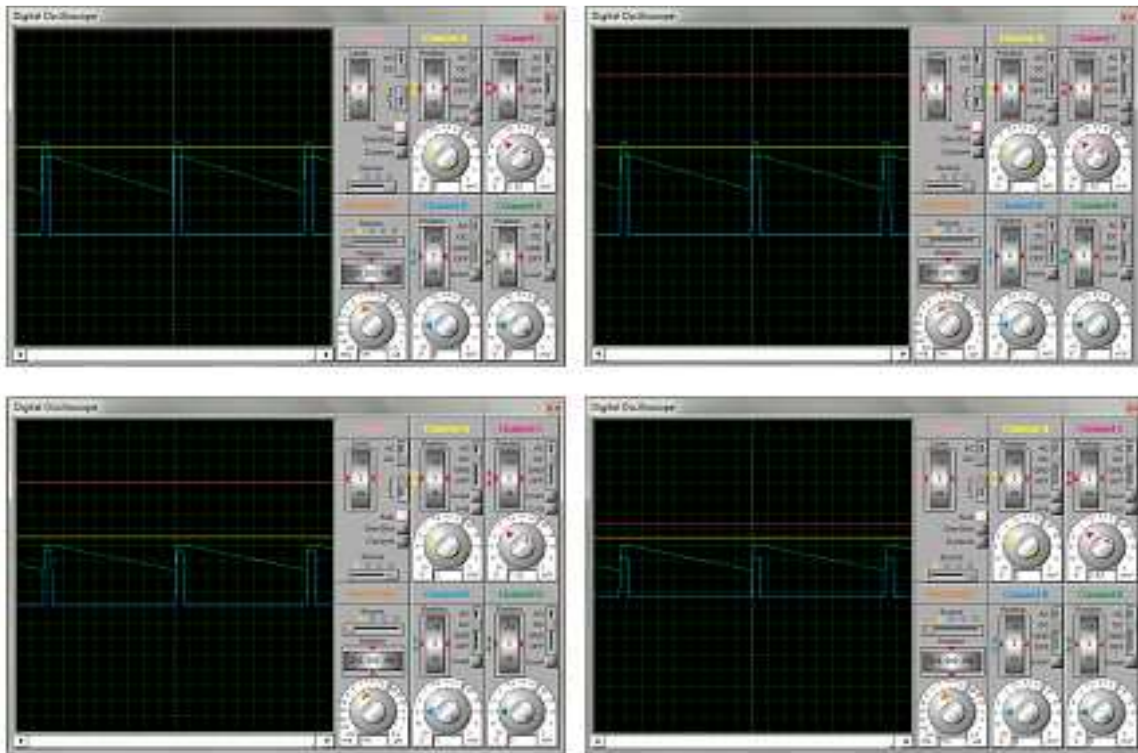
Figura 76. Control por actuador a la entrada del transistor de la fuente.



Concatenando el diseño de la Figura 72, y el diseño de la Figura 75, se obtiene la gráfica de la Figura 77, donde se puede verificar como, al realizar cambios en la tensión de entrada (línea de color fucsia), se obtiene una señal de salida (línea amarilla) de 5 voltios constantes para el ejemplo, caso tal que el equipo móvil necesite ésta tensión. En la gráfica se nota una línea de color verde que ejecuta el elemento de control, en este caso el actuador, por medio de una rampa, que genera una comparación, para que el pulso de color azul, se expanda de acuerdo a la señal de corriente solicitada, en éste caso, dicha línea es el elemento final de control, y se denota como cambia la corriente solicitada por el equipo, cuando al reducir la señal de entrada, se distorsiona el tamaño vertical de ésta. Luego el pulso se mantiene a tamaños similares, lo que indica que los cambios que entran al transistor, operan de manera adecuada, pues mantiene éste en un rango de corte y saturación de manera muy marginada, para que nunca llegue a estos extremos y se produzca una sobre carga en el transformador.

De ésta manera se verifica el diseño de conmutación y la relación que el sistema de transmisión ofrece a éste para su funcionamiento, luego, en garantía, que la batería suple la fuente con la tensión necesaria, el sistema cumple lo diseñado.

Figura 77. Comportamiento del sistema de conmutación de energía.



Debido a los cambios de temperatura, puesto que la conmutación incrementa el calor dentro del sistema, se pueden generar sobre picos de tensión los cuales están regulados por el elemento de conexión, luego el sistema de conexión a los celulares, posee un dispositivo de tipo vehicular, que recibe 5V con un sobre pico de 1.2Vpp, el elemento posee un filtro que distribuye la corriente en proporciones específicas para cada tipo de cargador, de esta manera la fuente responde a cada cambio de conexión y permite la conexión múltiple entregando mayor corriente a salidas en paralelo, estructuradas por el elemento final de carga a celulares.

## 6.5 SISTEMA DE CONEXIÓN PARA CARGA DE CELULARES

El sistema de conexión para la carga de celulares es un dispositivo tipo vehicular, el cual viene con una tensión de entrada entre 5 y 12V, la fuente le suministra los 5V, y el sistema es capaz de cortar los sobre picos por conmutación hasta -1.2V. Internamente el circuito posee un filtro que regula el voltaje para cada conector celular.

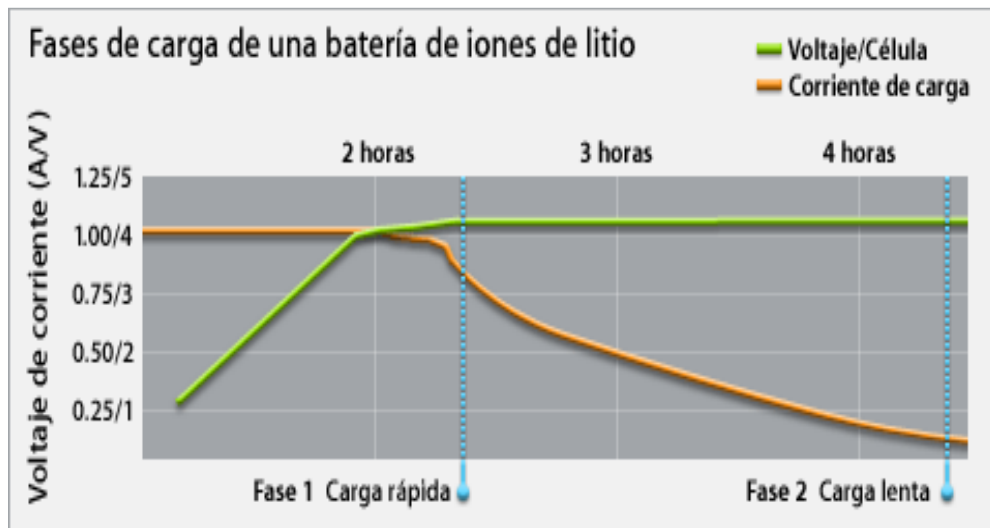
Por medio de un ramal tipo USB, se tiene la posibilidad de conectar hasta 10 celulares diferentes, las puntas de conexión manejan referencias de NOKIA, LG,

SAMSUNG, SONY ERICSSON, MOTOROLA y BLACKBERRY. Se tienen las siguientes referencias de acuerdo a las baterías utilizadas por cada una. El sistema entrega desde 350mA hasta 2700mA, de esta manera se garantiza la carga a la corriente exigida por el móvil y en el tiempo especificado por los manuales de los equipos y por lo tanto no hay probabilidad de generar sobrecarga en los equipos y falsos periodos de recarga, lo que puede llegar a ocurrir con los cargadores universales.

Teniendo en cuenta que la mayoría de baterías presentes en el mercado para el año 2012 son de Litio 3.7 voltios que oscilan entre 350mA hasta 2700mA, se escogen estos cargadores tipo USB (Universal Serial Bus) para recargar las baterías de lo celulares a conectar.

“El litio es el metal más liviano que existe. Además las baterías de polímero de iones de litio te permiten hacer recargas cuando te sea más cómodo...Ver Figura 65... sin tener que esperar a que acabe el ciclo completo de carga o descarga que exigen las baterías de níquel para funcionar a pleno rendimiento (con el tiempo se forman cristales en las baterías de níquel, lo que impide la carga completa de las mismas y obliga a tener que hacer una descarga total)<sup>75</sup>”.

Figura 78. Fases de carga de una batería de iones de litio.<sup>76</sup>



<sup>75</sup>APPLE INC. Baterías de iones de litio. [En línea] <<http://www.apple.com/la/batteries/>> [Citado el día 5 de mayo de 2012]

<sup>76</sup>APPLE INC. Baterías de iones de litio. [En línea] <<http://www.apple.com/la/batteries/>> [Citado el día 5 de mayo de 2012]

## CONCLUSIONES

- Se utilizaron todos los recursos para escoger los elementos necesarios para el buen desarrollo del dispositivo electromecánico, como la elección de la transmisión mecánica, utilizando una correa para ello; el elemento de generación, utilizando un motor shunt para la generación del voltaje necesario para la recarga del banco de baterías.
- Se realizó una prueba, de la cual salió como resultado, el promedio de revoluciones por minuto necesarias para generar un voltaje considerable para recarga de las baterías, teniendo como resultado la elección del generador.
- Con respecto a las diferentes personas, las cuales realizaron las pruebas físicas, se tomó como punto de partida para evaluar de mejor forma, la cantidad de energía necesaria para generar energía renovable y limpia por medio de la fuerza de pedaleo.
- La transmisión mecánica posee doble sistema de correa, la tracción natural de la bicicleta, se amplifica con la catarina delantera; la relación a la llanta trasera es capaz de aumentar la potencia en un 70% y reducir de acuerdo a su tamaño circular en un 40% la velocidad.
- La relación entre la llanta trasera y el disco del Motor DC aumenta la velocidad en un aproximado 170%, equilibrando la potencia en la misma relación de pedalista, es así como la potencia que llegase a requerir un elemento de más carga estaría evidenciado en la que le pueda entregar el ciclista con su intensidad; de acuerdo con esto, se valida nuevamente la no necesidad de intervenir en intensidad, mas si en frecuencia, debido a que el entrenamiento repetitivo mantiene la carga de la batería, y la intensidad del ejercicio, solo generaría un gasto de energía física, bien reflejada en la salud deportiva, pero desperdiciada conforme a la cantidad de baterías a recargar.
- Los convertidores de rectificación, manejan potencias hasta de 2KWatt, en el caso particular, la potencia de suministro podría llegar a verse saturada a los 30Watt; la proporción de corriente al disminuir la potencia, se ve reflejada en la alta fidelidad de conmutación que proporciona el sistema directo, debido al retardo inductivo de la bobina y al transistor de alta frecuencia. De esta manera la topología escogida suple las necesidades del sistema, es económico, se

puede llegar a implementar en un espacio de hasta 100cm<sup>2</sup>, no requiere acondicionamiento de potencia y se utilizaría de manera portable de acuerdo a las necesidades.

- Cuando se analizan las diferentes topologías de las fuentes conmutadas, como se indicaba en el párrafo anterior, se evidencia la ganancia en potencia o en frecuencia, el sistema conmutado para la recarga de celulares, equilibra un poco ambas necesidades; al tener un sistema directo, no se depende del retroceso de la corriente para actuar, ni de del impulso inductivo del transformador, además de la capacidad de no almacenar energía dentro del núcleo de transformador, lo que reduce en un 90% el factor de potencia, para evitar causales de daño en la vivienda, o en los gimnasios donde se instalen los dispositivos.
- Es posible inferir que mientras mejor uso y cuidado se tenga con cualquier batería o acumulador, mayor va a ser su tiempo de vida y su rendimiento, estando en óptimas condiciones para cuando sea necesario su funcionamiento. Permitir descargar la batería hasta un 15% antes de cargarla de nuevo va a hacer de ella una batería con mayor tiempo de uso y mayor productividad.
- Adjunto al aprovechamiento de la energía renovable, el dispositivo contribuirá también, al desarrollo deportivo de una actividad física, para beneficio de la persona desarrolladora de la fuerza inicial.

## RECOMENDACIONES

- Se deben realizar pruebas iniciales de funcionamiento y elección del tipo de bicicleta necesaria para la utilización en el proyecto de generación, con este elemento se tiene veracidad del buen funcionamiento del dispositivo y de la comodidad de la persona como fuente principal de energía.
- Las pruebas físicas necesariamente deben realizarse bajo varios parámetros y condiciones naturales diferentes; es decir, realizar una prueba en el día no basta. Otras horas de día revelan otros detalles deportivos adicionales, la temperatura, la humedad. De esta forma se puede contar con mayor precisión para obtener la información.
- La salud deportiva, consta además del sistema físico, del sistema psicológico. El estado de ánimo de la persona hace más productivo o no el ejercicio, el nivel de trabajo debe medirse bajo unos parámetros emocionales involucrados, de esta forma se puede definir una relación físico-mental que identifique patrones de error para las pruebas y así obtener nuevos resultados.
- La transmisiones mecánicas como elementos importantes en el diseño del proyecto, deben ser bien elegidos, debido a que de este objeto depende que la fuerza del ciclista sea transmitida lo mas completamente posible al generador, para que si se produzca la energía en corriente continua necesaria para la generación.
- Es de gran importancia tener conocimientos de las poleas, como elementos que ayudan a transmitir la energía mecánica hacia el elemento que la transforma en energía eléctrica, ya que de su relación, es decir, el tamaño que cada una posee, se tiene la ventaja o desventaja de generar o no mucha más energía.
- Las máquinas de entrenamiento de los gimnasios están dotadas de sistemas de transmisión, la mayoría en polea. El movimiento repetitivo de los elementos, puede entregarse a éste sistema de correa por medio de inversores de movimiento y puentes mecánicos de transmisión. De esta manera se puede recolectar energía en bancos de batería quizá más amplios para obtener la misma energía alternativa, para la recarga no solo de equipos móviles.

- Es necesario conocer las posibles ventajas e inconvenientes de la utilización de un motor shunt de corriente continua, para su funcionamiento, mantenimiento y para la prevención de daños en la máquina generadora y en partes indispensables del diseño final.
- El generador, elemento conversor de energía mecánica a energía eléctrica en corriente continua, debe ser elegido con respecto a la necesidad del sistema o de su forma de almacenamiento; se deben evaluar los factores principales para su correcta elección.
- Para el normal funcionamiento y correcto uso de la batería se debe tener en cuenta al momento de la conexión entre el generador, que en este caso es un motor de corriente continua shunt, y la batería escogida, SLA o de ácido-plomo, el sentido de la corriente que esté circulando por el generador shunt, puesto que una mala conexión causaría un cortocircuito
- Las baterías de los celulares modernos están hechas de Litio-Ión por ser el metal más liviano y con mayor rendimiento en el presente mercado, pero dado sus características no se debe abusar de sus casi incontables ciclos de carga-descarga y se debe hacer un correcto uso de la batería de cada celular.



## BIBLIOGRAFÍA

APPLE INC. Baterías de iones de litio. Disponible en <http://www.apple.com/la/batteries/> [Citado el 23 de abril de 2012]

ARBOLEDA Naranjo, Luis Hernando. Beneficios del ejercicio. Docente Departamento de Acción Física Humana, Facultad de Ciencias para la Salud, Universidad de Caldas. Disponible en: <http://sanoyfeliz.galeon.com/deporte.pdf>

BARRIOS Duarte, Rene. BORGES Mojiamer, Rolando. CARDOSO, Laura del Carmen. Beneficios percibidos por adultos mayores incorporados al ejercicio. Revista cubana de medicina general integral. Cuba, Ciudad de La Habana mar.-abr. 2003. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21252003000200007&script=sci\\_arttext&tIng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21252003000200007&script=sci_arttext&tIng=en)

CASTELLS, Manuel. La revolución de la tecnología de la información. 1999. Disponible en: <http://cdi.mecon.gov.ar/biblio/docelec/MM2161.pdf>

CROUSE, William H. Mecánica Del Automóvil. Tercera edición. Barcelona: Editorial Marcombo S.A., 1993. 449 P.

DE JUANA, JoséMaría. GARCIA, Adolfo de Francisco. Energías renovables para el desarrollo. Editorial Thomson. 2007. 336 páginas. Disponible en: <http://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=NyvcConR-xoC&oi=fnd&pg=PR3&dq=energias+alternativas&ots=7Eu0mKAnxm&sig=ovyprfghvjJ0eUhbFtZtFmNBPeE#v=onepage&q&f=false>

DOMINGUEZ Morales, Raul. Maquinas generadores de energía eléctrica "alternadores". Universidad autónoma metropolitana. Diciembre 2005. Disponible en: <http://148.206.53.231/UAMI13880.pdf>

FRAILE Mora, Jesús. Electromagnetismo y circuitos eléctricos. Cuarta edición.

GONZÁLEZ, Corentino. Ciencias Físicas II. Editorial Reverté. Barcelona, España 1986. 185 P.

HERNANDEZ, Nelson. Diplomado de prospectiva y estrategias (USB): Las energías alternativas, [en línea]. Abril 2010. [Consulta: 17 de octubre de 2011]. Disponible en: Blog: Gerencia y energía.

JIMENEZ, Juan Manuel. Generador eléctrico hidráulico, [en línea]. [Consulta: 18 de octubre de 2011]. Disponible en: [www.jimenezfrias.com](http://www.jimenezfrias.com).

KOSOW, Irving L. Maquinas eléctricas y transformadores, Segunda Edición. Editorial: Prentice-Hall Hispanoamerica S.A. México: 1993. 707 P.

MAC SA. Sección educativa. Disponible en: <http://www.mac.com.co/> [Citado el 23 de abril de 2012]

MANSO, Paulo. Energía, cambio climático y actividades de implementación conjunta. OCIC: oficina costarricense de implementación conjunta. Mayo de 1998. Disponible en: [http://www.infoiarna.org.gt/media/file/areas/energia/documentos/artic/\(1%20\)Energia%20y%20cambio%20clim%C3%A1tico.pdf](http://www.infoiarna.org.gt/media/file/areas/energia/documentos/artic/(1%20)Energia%20y%20cambio%20clim%C3%A1tico.pdf)

MARIN, Guzmán, Ana Pilar. CARRANZA Edwards, Arturo. Daño ambiental por minado de arenas de playa. Octubre 2010. XX Congreso Nacional de Geoquímica en Temixco, Morelos. Disponible en: [http://www.tuobra.unam.mx/obrasPDF/1584:\)3070:\)c.PDF](http://www.tuobra.unam.mx/obrasPDF/1584:)3070:)c.PDF)

MARTINEZ, Yaisa. Utilizan las rodillas para generar electricidad. Lunes 11 de febrero de 2008. [Consulta: septiembre 29 de 2011]. Disponible en: [http://www.tendencias21.net/Utilizan-las-rodillas-para-generar-electricidad\\_a2066.html](http://www.tendencias21.net/Utilizan-las-rodillas-para-generar-electricidad_a2066.html)

MONTES, C. SALA, O. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. Septiembre 2002. AEET: asociación española de ecología terrestre. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. Disponible en: [http://www.revistaecosistemas.net/index\\_frame.asp?pagina=http%3A/www.revistaecosistemas.net/articulo.asp%3FId%3D512](http://www.revistaecosistemas.net/index_frame.asp?pagina=http%3A/www.revistaecosistemas.net/articulo.asp%3FId%3D512)

NAVARRO, Álvaro. Especial: cómo hacer un aerogenerador (molino de viento o turbina eólica), [en línea]. 27 de julio de 2011. [Consulta: 28 de octubre de 2011]. Disponible en: <http://www.comohacer.eu/especial-como-hacer-un-aerogenerador-molino-de-viento-o-turbina-eolica/>

NAVARRO, Susino, Consuelo. El nuevo reto de las energías alternativas. Revista electrónica de derecho ambiental. Disponible en: [http://huespedes.cica.es/aliens/gimadus/05/reto\\_energias\\_alternativas.htm](http://huespedes.cica.es/aliens/gimadus/05/reto_energias_alternativas.htm)

NUÑEZ, Ramón. El siglo de la ciencia. Revista Propedéutico de Ciencias Naturales. Editorial Televisa. 1998. Disponible en: [http://www.conevyt.org.mx/cursos/inea/ineapdfs/proped/cnatural/r6\\_13.pdf](http://www.conevyt.org.mx/cursos/inea/ineapdfs/proped/cnatural/r6_13.pdf)

OLVERA, Misael Kádel. Optimización en bancos de almacenamiento de energía eléctrica generada por sistemas alternos de energía. [artículo de internet] 2009. P. 1-3. Disponible en: <http://www.laccei.org> [consulta: 23 de abril de 2012]

OSORIO, A. Generador eléctrico accionado por fuerza humana: una nueva alternativa de generación de energía. Academia de ingeniería mecánica eléctrica. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 01 de marzo de 2007. Disponible en: <http://www.iztapalapa.uam.mx/contactos/n65ne/generador.pdf>

RASHID, Muhammad H. Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones. [Traductor: Gabriel SánchezGarcía, Ingeniero mecánicoelectricista UNAM]. Segunda edición. México: prentice hall hispanoamerica, S.A. 1995.

RASHID, Muhammad H. Electrónica De Potencia: Circuitos, Dispositivos Y Aplicaciones. Tercera edición. Editorial Pearson Education. México: 2004. 904 P.

Terra.com.co. Estudios muestra ventajas de 15 minutos diarios de ejercicio, [en línea]. 15 de agosto de 2011, 23:21. [Consulta: 18 de octubre de 2011], disponible en: <http://vidayestilo.terra.com.co/mujer/estudios-muestran-ventajas-de-15-minutos-de-ejercicio,48e44d6e39803310VgnVCM3000009af154d0RCRD.html>  
<http://noticias.terra.com.co/internacional/eeuu/estudios-muestras-ventajas-de-15-minutos-diarios-de-ejercicio,03bf2c518a0d1310VgnVCM4000009bf154d0RCRD.html>

Terra.org. Energía de propulsión humana [en línea]. Marza 26 de 2010. [Consulta: septiembre 29 de 2011]. Disponible en: [http://www.terra.org/energia-de-propulsion-humana-en-bicicleta\\_2374.html](http://www.terra.org/energia-de-propulsion-humana-en-bicicleta_2374.html)

# ANEXO A

(Datasheet de motores LEESON, con la descripción detallada del funcionamiento de los mismos, tipos de configuraciones y características eléctricas<sup>77</sup>)

## DC MOTORS NEMA FRAME • SCR RATED **LEESON**

### NEMA FRAME MOTORS • SCR RATED

#### General Specifications:

High voltage permanent magnet DC motors are typically used with an SCR (thyristor) controller in applications requiring adjustable speed and constant torque throughout the speed range. They are also widely used in applications requiring dynamic braking or adjustable speed/reversing capabilities.



#### Mechanical Features:

Low profile space-saving design. Unique brush holder design provides easy access to brushes and integral constant pressure brush/spring assembly for servicing. Large oversized brushes assure longer brush life. Heavy-duty, stamped steel, bolt on base (removable). NEMA C face mounting, at no additional cost. Rugged die cast aluminum endshields with cast iron bearing inserts. Permanently lubricated sealed ball bearings. May be converted NEMA 48 base and/or C face using modification kits noted below.

#### Electrical Features:

Input power of 115 or 230 volts rectified AC when used with an appropriate SCR control. Linear speed/torque characteristics over entire speed range. High starting torque for heavy load applications. Capable of dynamic braking for faster stops. Reversible rotation with simple two-lead connection. For further information on Direct Current Motors, request Bulletin 1800.

### PWM RATED PM DC MOTORS

The DC motors listed above have been designed for use on unfiltered SCR (Thyristor) type rectified AC input. These motors may also be used with PWM (pulse width modulated) type DC adjustable speed drives at a higher HP rating. See the chart on page 308 for re-rating data.

### TACHOMETER MOUNTING KITS FOR DC MOTORS

All necessary parts to mount listed tachometers to stock TEFC SCR motors. Consists of machined cast iron cover, coupling and hardware. Does not include tachometer. Tach adapter kits not suitable for catalog number 108592.



Tachometer Type	NEMA Frame	EC Face	Catalog Number	List Price	Disc. Sym.	App. Vlt. (Ect.)
GE 8PY Series	SS68	71	175 156	\$22.4	A	5
	SS6	80	175 193	23.4	A	5
	96/145	—	175 158	4.9	A	5
Servo-tak SA740 Series	SS68	71	175 157	23.6	A	8
	SS6	80	175 194	24.6	A	8
	96/145	—	175 159	5.24	A	8

### MODIFICATION KITS

Motors with SS6C or SS56C frame sizes may be converted to 42/48 C face using the following:

Frame	Catalog No.	List Price	Disc. Sym.
SS6C	175 082	\$36	A
SS6C	175 082	38	A

DC motors in NEMA SS6C frame may be converted to 48 base using the following:

Frame	Catalog No.	List Price	Disc. Sym.
SS6C	175 080	\$30	A

### TEFC • SCR RATED 90 & 180 VOLTS NEMA 56C • C FACE WITH REMOVABLE BASE\*

HP	Full Load RPM	NEMA Frame	Catalog Number	List Price	Disc. Sym.	App. Vlt. (Ect.)	Arm. Vols DC	Cont'd Vols AC Input	FL. Amps DC	"C" Dim. (inches)
1/4	1750	SS56C	098002	\$495	A	19	90	11.5	2.5	10.81
		SS56C	098003	495	A	22	180	2.30	1.4	11.31
1/3	1750	SS56C	098004	526	A	23	90	11.5	3.5	11.31
		SS56C	098005	526	A	23	180	2.30	1.7	11.31
11/40		SS6C	100006	645	A	32	90	11.5	3.5	12.81
		SS56C	098006	526	A	22	90	11.5	5.0	10.81
1/2	2500	SS56C	098007	526	A	22	180	2.30	2.5	10.81
		SS56C	098008	595	A	26	90	11.5	5.0	11.81
1750		SS6C	100014	614	A	29	90	11.5	5.0	12.81
		SS56C	098008	595	A	25	180	2.30	2.5	11.81
1750		SS6C	100015	614	A	30	180	2.30	2.5	12.81
		SS6C	100009	677	A	40	90	11.5	5.0	13.81
3/4	2500	SS56C	098009	630	A	26	90	11.5	7.6	11.81
		SS6C	100016	662	A	29	90	11.5	7.6	12.81
2500		SS56C	098010	630	A	25	180	2.30	3.8	11.81
		SS6C	100017	662	A	29	180	2.30	3.8	12.81
1750		SS56C	098012	711	A	36	90	11.5	7.6	13.81
		SS6C	100018	747	A	36	90	11.5	7.6	13.81
1750		SS56C	098019	711	A	36	180	2.30	3.8	13.81
		SS6C	100019	747	A	35	180	2.30	3.8	13.81
11/40		SS6C	100100	915	A	40	90	11.5	7.5	16.81
		SS6C	100020	711	A	34	90	11.5	10.0	13.81
2500		SS6C	100021	711	A	36	180	2.30	5.0	13.81
		SS6C	100022	889	A	47	90	11.5	10.0	16.31
1750		SS6C	100023	889	A	39	180	2.30	5.0	14.81
		SS6C	128023	1733	B	62	90	11.5	11.0	18.34
115	2500	SS6C	108295	1053	A	43	180	2.30	7.5	14.81
		SS6C	108002	1096	A	53	180	2.30	7.6	16.88
1750	145 TC	SS6/145 TC	108202	1096	A	54	180	2.30	7.6	17.38
		145 TC	128000	1549	B	70	180	2.30	7.5	18.34
2	2500	SS6/145 TC	108206	1549	A	51	180	2.30	8.8	16.88
		145 TC	128010	1968	B	83	180	2.30	9.5	19.34
1750	182/145 TC	128014	1968	B	84	180	2.30	9.5	19.34	
		128014 5TC	108902-4	2742	B	88	180	2.30	14.0	21.75

- If base is removed, do not install bolts without using washers to compensate for thickness of shell.
- NEMA 145TC face mounting with removable NEMA 145T right base
- NEMA 145TC frame shell 1 5/8" x 2 1/4" and NEMA 50 removable base.
- SS6C motors have a 4.00 inch diameter frame. SS6C motors have a 5.61 inch diameter frame.



### TEFC • SCR RATED 90 & 180 VOLTS NEMA 56C • C FACE LESS BASE\*

HP	Full Load RPM	NEMA Frame	Catalog Number	List Price	Disc. Sym.	App. Vlt. (Ect.)	Arm. Vols DC	Cont'd Vols AC Input	FL. Amps DC	"C" Dim. (inches)
1/4	1750	SS56C	098377	\$470	A	19	90	11.5	2.5	10.81
1/3	1750	SS56C	098378	510	A	23	90	11.5	3.5	11.31
1/2	1750	SS56C	098379	598	A	26	90	11.5	5.0	11.81
3/4	1750	SS56C	098380	693	A	36	90	11.5	7.6	13.81
1	1750	SS6C	100006	651	A	47	90	11.5	10.0	16.31
		SS6C	100007	651	A	39	180	2.30	5.0	14.81

\* No tapped holes provided for attaching a bolt-on base.

○ Addition of base kit will result in non-NEMA EIA dimension of 2 5/8". Addition of C face kit will result in conduit box located at 1" of deck during lead end.

<sup>77</sup> [Consultado: 24 de abril de 2012]. En línea. <<http://www.leeson.com/Literature/pdf/1050/DCMotorsSCR RatedLowVoltage.pdf>>



## DC MOTORS

EXPLOSION-PROOF AND WASHGUARD • SCR RATED

DC Motors

### NEMA FRAME • EXPLOSION-PROOF FOR HAZARDOUS LOCATIONS

#### General Specifications:

These explosion-proof motors are designed and approved for application in hazardous environments having certain explosive gases or materials present.



#### Features:

Rugged mechanical construction meeting all requirements for safety. UL and CSA listed. NEMA 59C face with removable 56 frame base. Leads exit through 1/2" -14NPT pipe nipple in the top of the motor frame, opposite the shaft end. Conduit box is not provided. See optional conduit box below. These motors have pilot duty thermostat as standard that must be connected to the SCR control. They are rated for continuous duty with full wave SCR (thyristor) controls. Double shielded, pre-lubricated ball bearings are standard. Easy brush access for field service. These motors are UL and CSA listed.

#### Application Notes:

These motors must be applied in accordance with the National Electrical Code, Article #500. For a listing of explosive agents, consult NFPA Publication 497M.

### EXPLOSION-PROOF • CLASS I, GROUPS C & D - CLASS II, GROUPS F & G • SCR RATED 90 & 180V C FACE WITH REMOVABLE BASE

HP	Full Load RPM	NEMA Frame	Catalog Number	List Price	Disc. Sym.	App. Wgt. (lbs.)	Am. Volts DC	Control Volts AC Input	F.L. Amps DC	"C" Dia. (inches)
1/3	1750	S99C	118015	\$1904	A	27	00	115	3.5	1.341
1/2	1750	S99C	118018	2151	A	30	00	115	4.7	1.441
		S99C	118017	2151	A	32	180	230	2.5	1.441
3/4	1750	S99C	118018	2663	A	40	00	115	7.1	1.641
		S99C	118019	2663	A	38	180	230	3.3	1.641

### EXPLOSION-PROOF CONDUIT BOX

UL and CSA listed for Class I, Group C & D, and Class II, Groups F & G locations. Has grounding screw and all hardware provided. Mounts to motor by 3/4" -14NPT Tapering at rear of box. For NEMA 56 frame motors only.



Catalog Number	List Price	Disc. Sym.	App. Wgt. (lbs.)
175026	\$83	A	2

### NEMA FRAME • WASHGUARD

#### LEESON WASHGUARD

motors are designed for extended life in applications requiring regular washdown as in food processing, or otherwise wet, high humidity environments. WASHGUARD motors retard the entrance of water during cleaning operations and release any water that does enter the motor. Extra protection for the motor's interior prevents rust and corrosion build-up and drains release trapped moisture to insure a longer life than possible with a standard motor.



#### Mechanical Protection Features:

High quality, corrosion resistant 303 stainless steel shaft plus lubricated spring-loaded contact seals and patented "V" ring Forshada seal deflect water, protect bearings and the motor's interior. Double sealed, oversized bearings with high temperature moisture resistant lubricant are used.

Frame, base, endshields, armature and interior components protected by enamel and polyester compounds of outstanding adhesion and resistance to moisture, acids, alkalies, and oil.

Cast conduit box with threaded entrance, drain holes and tough, high temperature Nitrile gaskets keep water out and resist deflection under high pressure washdowns. Conduit box cover and fan cover, when used, are type 304 stainless steel.

Four drains in each endshield at 3, 6, 9, and 12 o'clock purge water, and can be repositioned for maximum effectiveness regardless of the motor's mounting. Machined fits are sealed, and nylon gaskets are used to seal bolt heads. Stainless steel data plate.

Chemically inert static free fan is positively positioned on the shaft by opposing flats, shoulder and snap ring arrangement and protected by heavy gauge, stainless steel fan guards. Finished in USDA approved tough white epoxy for superior corrosion resistance and protection against harsh caustic cleaning solutions.

### WASHGUARD • NEMA C FACE • REMOVABLE BASE TENV • SCR RATED 90 & 180 VOLTS

HP	Full Load RPM	NEMA Frame	Catalog Number	List Price	Disc. Sym.	App. Wgt. (lbs.)	Am. Volts DC	Control Volts AC Input	F.L. Amps DC	"C" Dia. (inches)
1/4	1750	S99C	108423	8698	A	23	00	115	2.7	1.089
		SS99C	088375	636	A	21	180	230	1.4	1.022
1/3	1750	S99C	108424	673	A	26	00	115	3.5	1.189
		SS99C	088376	673	A	22	180	230	1.7	1.022
1/2	1750	S99C	108226	754	A	38	00	115	4.9	1.389
		S99C	108227	754	A	43	180	230	2.4	1.389
3/4	1750	S99C	108228	915	A	53	00	115	7.0	1.589
		S99C	108229	915	A	50	180	230	3.5	1.589
1	1750	S99C	108230**	1118	A	45	00	115	10.0	1.581
		S99C	108231**	1118	A	42	180	230	5.0	1.481
1 1/2	1750	S99C	108232**	1425	A	50	180	230	7.6	1.681

### WASHGUARD • IEC FRAME • TENV IP55 B5 FLANGE WITH REMOVABLE B3 BASE<sup>▲</sup> SCR RATED 180 VOLTS

Rated HP	Output kW	Full Load RPM	IEC Frame	Catalog Number	List Price	Disc. Sym.	App. Wgt. (lbs.)	Am. Volts DC	F.L. Amps DC	"C" Dia. (inches)
1/2	.37	1750	71	098940	9967	A	22	180	2.5	10.89
3/4	.55	1750	80	108407	004	A	52	180	3.5	16.02

\*\* These motors are totally enclosed fan cooled.

▲ If base is removed, do not reinstall bolts without using washers to compensate for the thickness of base.

▲ These WASHGUARD motors are modular design but stocked with B5 flange and B3 base. The foot is removable. The B5 flange can be replaced with a B14 flange or other diameter B5 flanges noted on page 65.

### SUB-FHP MOTORS

#### General Specifications:

Precision subfractional horsepower DC permanent magnet motors designed for use with full wave non-filtered SCR controls for adjustable speed applications requiring dynamic braking and constant torque throughout the speed range.



31.54 Frame

#### Mechanical Features:

Compact space saving designs. Ball bearings. Long-life brushes for demanding applications. Brushes easily replaced without disassembly of the motor. Standard mounted conduit box on 31 and 34 frame models simplifies connections.



33 Frame

#### Electrical Features:

Continuous duty with full wave un-filtered rectified SCR (thyristor) controls. Linear speed/torque characteristics throughout the speed range. High starting torques. Reversible rotation from a simple two lead connection.

### SUB-FHP IP55 WASHGUARD MOTORS

#### General Specifications:

Precision subfractional horsepower DC permanent magnet motors. Designed for use with full wave non-filtered SCR controls or battery supplied low voltage for adjustable speed applications requiring constant torque throughout the speed range.



#### Mechanical Features:

Corrosion resistant 303 stainless steel. Shaft with spring-loaded contact shaft seal protect the double sealed ball bearings and motor interior.

Frame, endshields, armature and interior components protected by enamel and polyester compounds for resistance to moisture, acids, alkalis and oil.

Cast conduit box with threaded conduit holes and Nitrile gaskets keep water out. The conduit box cover is made from 304 stainless steel.

For any condensation that may accumulate inside the motor a one-way stainless steel vapor vent is provided. All hardware is stainless steel. Motor painted with white epoxy for superior corrosion resistance and protection. Gaskets seal conduit box to motor frame and conduit box cover. Thru-bolt heads and nuts sealed with fiber washers. O-rings under each threaded brush cover.

#### Application Notes:

LEESON WASHGUARD motors are designed for extended life in applications requiring regular washdown or otherwise wet environments. Washguard motors retard the entrance of water. Exit protection for the motor's interior prevents rust and corrosion build-up and releases trapped moisture to insure a longer life than possible with a standard motor.

#### Dimensions:

Found on page 317.

### SCR RATED (90 & 180 V) • TENV • SQUARE FLANGE OR C FACE

HP	Full Load RPM	Frame	Catalog Number	List Price	Disc. Sys.	App. Wgt. (lbs.)	Arm. Vols. DC	Control Vols. AC Input	F.L. Amps DC
1/25	3500	25AS	M110014 <sup>(g)</sup>	\$221	S	3	90	115	0.5
	1750	25CS	M110009 <sup>(g)</sup>	220	S	3	90	115	0.5
1/15	3500	25CS	M110015	236	S	5	90	115	0.7
	1750	31BS	M110013 <sup>(g)</sup>	248	S	5	90	115	0.8
1/10	1750	31BS	M110030	248	S	7	180	230	0.4
	3500	31BS	M110060	248	S	5	90	115	1.3
1/7.5	1750	31CS	M110014	252	S	7	90	115	1.1
	1750	31CS	M110041	252	S	7	180	230	0.8
1/6	3500	31CS	M110059	252	S	8	90	115	1.5
	1750	31ES	M110027	315	S	7	90	115	1.3
	1750	31ES	M110045	315	S	7	180	230	0.7
	1750	3404XCZ	M110053	327	S	8	90	115	1.4
	1750	3404XCZ	M110018	327	S	7	180	230	0.7
1/5	3500	31ES	M110058	315	S	9	90	115	1.9
	1750	31CS	M110042	318	S	9	90	115	1.8
	1750	31CS	M110043	318	S	11	180	230	0.9
	1750	34E56C	M110054	334	S	11	90	115	1.7
1/4	1750	34E56C	M110019	334	S	11	180	230	0.9
	3500	31CS	M110062	333	S	9	90	115	2.8
1/3	1750	34Q56C	M110055**	345	S	13	90	115	2.7
	1750	34Q56C	M110010**	345	S	13	180	230	1.3

<sup>(g)</sup> 33 frame motors have provisions for an optional conduit box catalog number M170000, see page 107.  
\*\* These motors are totally enclosed fan cooled.

### SCR RATED (90 V) • TENV • SQUARE FLANGE OR C FACE

HP	Full Load RPM	Frame	Catalog Number	List Price	Disc. Sys.	Arm. Wgt. DC	Control Vols. AC Input	F.L. Amps DC
1/8	1750	31S	M1120181	\$305	S	90	115	1.5
1/6	1750	31S	M1120183	400	S	90	115	1.9
1/4	2500	32F42CZ	M1120185	435	S	90	115	1.9

### LOW VOLTAGE (12 V) • TENV SQUARE FLANGE OR C FACE

HP	Full Load RPM	Frame	Catalog Number	List Price	Disc. Sys.	Arm. Wgt. DC	F.L. Amps DC
1/8	1750	31S	M1120182	\$411	S	12	1.05
1/6	1750	31S	M1120184	417	S	12	1.45
1/4	2500	32F42CZ	M1120186	483	S	12	20



## DC MOTORS METRIC (IEC) FRAME • SCR RATED

DC Motors

### DC METRIC (IEC) FRAME MOTORS IP54

#### General Specifications:

These metric dimensioned motors are built to IEC 34-1 electrical and mechanical standards.

The IEC 56 and smaller frames are stocked with an integral B5 flange or B14 face less base. An optional B3 rigid base kit is available.

A unique modular approach for IEC 71 frame and larger allows the motor to be field modified to B3 rigid base mounted construction, B5 flange mounted or B14 face mounted construction using conversion kits. Please note that one or more of the mounting kits must be used with IEC motors of these frame sizes. See listing on next page for B5 flange and B14 face kits. B3 rigid base kits are listed below.

#### Electrical & Mechanical Features:

A terminal board is provided for connections. All fasteners are metric. Electrical and mechanical features are the same as listed for the NEMA frame motors on the opposite page. Tachometer mounting kits are available for 71 and 80 frames only.



B5 IEC 56 A 63



B14 IEC 56 A 63



### B3 FOOT MOUNTING KITS

#### (For DC Metric Motors Only)

All motors are stocked with provisions to accommodate B3 foot mountings with the packages noted below.

IEC Frame	Catalog Number	List Price	Disc. Sym.
56	175 142	851	A
63	175 143	51	A
71	175 144	56	A
80	175 145	81	A
90	175 146	30	A

### TOTALLY ENCLOSED • SCR RATED 180 VOLTS-± WITH B5 FLANGE

kW/HP	Full Load RPM	IEC Frame	Catalog Number	List Price	Disc. Sym.	App. Wgt. (lbs.)	F.L. Amps. DC	1" Dia. (inches/mm)
0.06/1/8	1800	56	M1 130146	355	B	6	0.5	6.24 (158.8)
0.09/1/8	3000	56	M1 130150	355	B	9	0.7	6.74 (171.3)
	1800	56	M1 130147	360	B	10	0.7	7.55 (191.7)
0.12/1/8	3000	56	M1 130151	367	B	9	0.9	7.55 (191.7)
	1800	63	M1 130148	434	B	7	0.9	8.30 (210.8)
0.18/1/8	3000	63	M1 130152	400	B	11	1.3	8.78 (223.1)
	1800	63	M1 130149	466	B	13	1.3	9.50 (241.3)
0.25/1/8	3000	63	M1 130153	444	B	11	1.7	9.50 (241.3)

These motors have accommodations for B3 base no untag with the kits below.

### TOTALLY ENCLOSED • SCR RATED 180 VOLTS-± WITH B14 FACE

kW/HP	Full Load RPM	IEC Frame	Catalog Number	List Price	Disc. Sym.	App. Wgt. (lbs.)	F.L. Amps. DC	1" Dia. (inches/mm)
0.06/1/8	3000	56	M1 130024	326	B	6	0.4	6.34 (177.0)
	1800	56	M1 130136	355	B	8	0.5	6.24 (158.8)
0.09/1/8	3000	56	M1 130140	355	B	9	0.7	6.74 (171.3)
	1800	56	M1 130137	360	B	14	0.7	7.55 (191.7)
0.12/1/8	3000	56	M1 130141	367	B	10	0.9	7.55 (191.7)
	1800	63	M1 130138	434	B	8	0.9	8.30 (210.8)
0.18/1/8	3000	63	M1 130142	400	B	10	1.3	8.78 (223.1)
	1800	63	M1 130139	466	B	10	1.3	9.50 (241.3)
0.25/1/8	3000	63	M1 130143	444	B	10	1.7	9.50 (241.3)

Except for M110024, these motors have accommodations for B3 base mountings with the kits below.

### TEFC • SCR RATED 180 VOLTS-± • ROUND BODY

kW/HP	Full Load RPM	IEC Frame	Catalog Number	List Price	Disc. Sym.	App. Wgt. (lbs.)	F.L. Amps. DC	1" Dia. (inches/mm)
0.25/1/8	1800	71	098014	943	A	23	1.7	11.28 (288.5)
0.37/1/8	3000	71	098016	426	A	21	2.5	10.78 (273.8)
	1800	71	098015	526	A	26	2.5	11.78 (299.2)
0.55/1/8	3000	71	098017	593	A	24	3.8	11.78 (299.2)
	1800	80	108369	650	A	34	3.5	14.64 (371.0)
0.75/1	3000	80	108372	650	A	45	4.0	14.64 (371.0)
	1800	80	108370	804	A	48	4.8	17.14 (435.4)
1.1/1 1/2	3000	80	108373	718	A	47	7.1	16.14 (410.0)
	1800	80	108371	1081	A	52	7.0	17.14 (435.4)
	1800	90L	118007	1580	B	64	7.5	18.97 (481.8)
1.5/2	3000	90L	118008	1580	B	72	10.0	18.47 (469.1)
	1800	90L	118006	1825	B	64	9.5	20.47 (519.0)
2.2/3	3000	90L	118010	1825	B	62	16.0	19.47 (494.5)
	1800	112M	118014	2645	B	90	14.0	21.70 (553.5)

**IMPORTANT:** These round body motors require with a B3 rigid base, B14 face or B5 flange kit. Catalog number 118014 comes complete with IEC 112 B14 face and B3 foot, shaft diameter is 24mm.

± For 200 VAC input controls.

● These motors are totally enclosed, non-ventilated. Other ratings utilize IEC cooling—external cooling fan on motor shaft.



**FLANGE AND FACE KITS FOR DC METRIC (IEC) FRAME MOTORS**

An advantage of LEESON'S modular design concept is the possible use of a different diameter B5 flange or B14 face than is normally assigned to a motor by IEC dimensional standards. This flexibility makes it possible to accommodate a wide variety of gear reducers, pumps and similar close coupled motor mounted loads.



Round body DC Metric IEC motors will accept any of the flange or face kits listed.

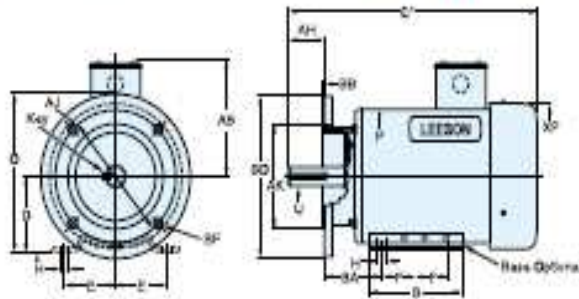
**B5 FLANGE KITS (For DC Metric Motors Only)**

IEC Frame	Catalog Number	List Price	Disc. Syn.	App. Wt. (kg.)	IEC Range Dia. (mm)	AK Register (mm)	BF Hole (mm)	AJ Bolt Circle (mm)
71	175106	963	A	2	160	110	9	130
80	175108	83	A	3	200	130	12	165
90S/90L	175108	83	A	3	200	130	12	165
100L/112M	175137	153	A	5	250	180	15	215

**B14 FACE KITS (For DC Metric Motors Only)**

IEC Frame	Catalog Number	List Price	Disc. Syn.	App. Wt. (kg.)	IEC Range Dia. (mm)	AK Register (mm)	BF Tap (mm)	AJ Bolt Circle (mm)
71	175107	960	A	1	105	70	8	85
80	175109	83	A	1	130	80	8	100
90S/90L	175129	83	A	1	140	95	8	115
100L/112M	175130	153	A	2	180	110	8	130

**CONDENSED DIMENSIONS • DC METRIC (IEC) FRAME MOTORS**



\*For axial height, see motor listing.

**IEC FRAME DIMENSIONS (Millimeters)**

IEC Frame	Mounting					Shaft					B14 Face IEC Range					General							
	2E	SF	BA	D	H	U	AW	KEY	S	R	DP	AJ	AK	BD	BF	BB	AB	XP	B	O			
56	80	71	36	36	6	9	20	15	3	7.0	M5	85	50	80	120	M5	7	2.5	2.5	83	96	90	99
63	100	80	40	63	7	11	23	19	4	9.0	M6	75	80	90	140	M5	8	2.5	3.0	116	96	96	108
71	112	90	45	71	7	14	30	26	5	11.5	M5	85	70	105	180	M6	9	2.5	3.5	114	130	105	132
80	125	100	50	80	10	19	40	33	6	16.0	M6	100	80	130	200	M6	12	3.0	3.5	134	140	127	151
90S	140	100	56	90	10	24	50	36	8	20.5	M6	115	95	130	200	M8	12	3.0	3.5	136	182	152	173
90L	140	125	56	90	10	24	50	36	8	20.5	M6	115	95	130	200	M8	12	3.0	3.5	136	182	152	173
100L	160	140	63	100	12	28	60	41	8	24.5	M6	130	110	180	250	M8	15	3.5	4.0	136	182	176	173
112M	190	140	70	112	12	28	60	41	8	24.5	M6	130	110	180	250	M8	15	3.5	4.0	162	221	176	225

\* Without face or flange AJ shaft dimension is 12mm longer.

All dimensions in millimeters (1 inch = 25.4mm)



## DC MOTORS

NEMA FRAME • LOW VOLTAGE 12, 24, 36 & 48 VOLTS

DC Motors

### NEMA FRAME LOW VOLTAGE MOTORS

#### General Specifications:

Low voltage permanent magnet DC motors are suitable for installations having battery or solar powered operations, or generator supplied low voltage DC.

#### Mechanical Features:

Unique brush holder design provides easy access to brushes and integral, constant pressure brush/spring assembly for servicing. Larger oversized brushes assure longer brush life. Heavy-duty, stamped steel, bolt-on base (removable). NEMA C face mounting flange at no additional cost. High strength rolled steel frame. Rugged die cast aluminum endshields with steel bearing inserts. Permanently lubricated sealed ball bearings. May be converted to NEMA 48 frame base dimensions or NEMA 42/48 frame C face dimensions using modification kits noted on page 81.

#### Electrical Features:

High starting torques for heavy load applications. Linear speed/torque characteristics over entire speed range. Capable of dynamic braking for faster stops. Reversible rotation and simple two-lead connection. Convenient wiring access.



### DC METRIC (IEC) FRAME MOTORS IP54

#### General Specifications:

These metric dimensional motors are built to IEC 94-1 electrical and mechanical standards.

The IEC 80 and smaller frames are stocked with an integral B5 flange or B14 face less base. An optional B5 rigid base kit is available.

A unique modular approach for IEC 71 frame and larger allows the motor to be field modified to B5 rigid base mounted construction, B5 flange mounted or B14 face mounted construction using conversion kits. Please note that one or more of the mounting kits must be used with IEC motors of these frame sizes. See listing on page 85 for B5 flange and B14 face kits. B5 rigid base kits are listed below.

#### Electrical & Mechanical Features:

A terminal board is provided for connections. All fasteners are metric. Electrical and mechanical features are the same as listed for the NEMA frame motors on the opposite page. Tachometer mounting kits are available for 71 and 80 frames only.



71 & 80 IEC with Modular Flange & Base Kits

### LOW VOLTAGE (12, 24, 36 & 48V) • TENV/TEFC NEMA C FACE WITH REMOVABLE BASE:

HP	Full Load RPM	NEMA Frame#	Catalog Number	List Price	Enc. Sys.	App. Volts DC	Arm. Volts DC	F.L. Amps DC	"C" Dim. (Inches)
1/4	1800	SS8C	100040	\$5.30	A	21	12	21.0	10.44
1/2	1800	SS8C	100040	5.84	A	24	12	27.0	11.44
	1800	SS8C	100050	5.50	A	22	24	13.5	10.94
1	1800	SS8C	100047	6.07	A	29	12	30.0	12.44
	1800	SS8C	100051	5.70	A	29	24	20.0	11.94
	1800	SS9C	098381	5.51	A	29	36	13.5	10.81
	1800	SS9C	098382	5.33	A	29	48	11.0	10.81
3/4	1800	SS8C	100048	6.70	A	30	12	36.0	13.81
	1800	SS8C	100052	6.08	A	30	24	20.0	12.81
1	1800	SS8C	100022	7.90	A	39	12	60.0	13.81
	1800	SS8C	100053	7.35	A	37	24	30.0	13.81
	1800	SS8C	100101	7.04	A	37	36	25.5	13.81
	1800	SS8C	100102	6.70	A	37	48	18.5	13.81
1 1/2	1800	SS8CZ	100103	10.72	A	39	24	60.0	15.25
	1800	SS8CZ	100104	10.59	A	37	36	36.0	17.38
	1800	SS8CZ	100105	10.22	A	37	48	27.0	17.38
2	1800	SS8CZ	100106	13.42	A	42	24	70.0	18.74
	1800	SS8CZ	100107	12.41	A	42	36	40.0	18.74
	1800	SS8CZ	100108	11.93	A	42	48	38.0	18.74

- Built-in condenser located at 12:00.
- Stand at 12:00.
- † If base is removed, do not neutral bolts without using washers to compensate for thickness of base.
- SS8CZ motors have mounting bases with NIMAGI mounting hole, NIMAGI/NO-ST C-base and NEMA 16047 shaft extension (78" dia. x 2 1/2" long).
- These motors are totally enclosed, non-ventilated.
- SS8C motors have a 4.80 inch diameter frame.
- SS8CZ motors have a 5.81 inch diameter frame.

### METRIC (IEC) FRAME • LOW VOLTAGE (24V) • TEFC/TENV • MODULAR DESIGN

kW/HP	Full Load RPM	IEC Frame	Catalog Number	List Price	App. Volts (DC)	F.L. Amps DC	"C" Dim. (Inches)
0.067 <sup>1/2</sup>	3000	56	M 1110 025 <sup>A</sup>	\$288	5	3.3	5.34
	1800	56	M 1110 026 <sup>A</sup>	326	6	3.4	6.34
0.18 <sup>1/4</sup>	3000	63	M 1130 206 <sup>A</sup>	368	13	11.0	7.75
	3000	63	M 1130 206 <sup>A</sup>	368	9	11.0	7.75
	1800	63	M 1130 207 <sup>A</sup>	421	13	1.00	8.75
	1800	63	M 1130 207 <sup>A</sup>	421	9	1.00	8.75
0.37 <sup>1/2</sup>	3000	71	098096	504	19	11.0	10.77
	1800	71	098097	521	23	2.00	11.27
0.75 <sup>1</sup>	3000	80	108458	605	33	4.00	14.14
	1800	80	108455	708	52	3.00	14.64
1.1 <sup>1 1/2</sup>	3000	80	108457	673	33	6.50	15.64
1.5 <sup>2</sup>	3000	80	108458	774	43	7.80	17.14

IMPORTANT: IEC 71 and 80 frame motors in this chart are round body and require either B14 face, B5 flange or B3 foot from kits shown on pages 84-85.

- <sup>1</sup> Dedicated B5 Flange
- <sup>A</sup> Dedicated B14 Face
- These motors are totally enclosed, non-ventilated. Others are TEFC/TEFC cooling - external cooling fan on motor shaft.



## SUB-FHP LOW VOLTAGE MOTORS

**General Specifications:**  
Precision sub-fractional horsepower low voltage direct current permanent magnet motors designed for battery or solar powered operations, or generator supplied low voltage DC.

**Mechanical Features:**  
Compact space saving design. Standard conduit box simplifies connections. Ball bearings. Long-life brushes for demanding applications. Brushes easily replaced without disassembly of motor.

**Electrical Features:**  
High starting torque for heavy load applications. Linear speed/torque characteristics over entire speed range. Capable of dynamic braking for faster stops. Reversible rotation from a simple two lead connection. Class F insulated with high temperature welded commutators.



### LOW VOLTAGE (12 & 24V) • TENV • SQUARE FLANGE

HP A	Full Load RPM	Part	Catalog Number	List Price	Disc. Sym.	App. Wgt. (lbs.)	Input Volt. DC	F.L. Amps DC
1/20	1750	2SCS	M1110008*	\$210	S	3	12	4.4
1/10	4200						24	4.4
1/14	1750	31AS	M1120040	2.46	S	4	12	7.7
1/7	4200						24	7.7
1/7	1750	31ES	M1120044	3.26	S	9	12	13.0
1/4	3500						24	13.0
1/6	1800	31OS	M1120046	3.44	S	8	12	14.0
1/3	3600						24	14.0

\* 25 frame motors have provision for an optional conduit box catalog number M170000, see page 107.

† These motors may be operated at 12, 24V, or at intermediate voltage between 12 and 24V with horsepower ratings noted.

### COMMERCIAL DUTY METRIC (IEC) FRAME MOTORS

Specially designed low voltage DC motors for use in OEM applications. Combination of features and low cost makes these motors excellent for many uses. All feature IP44 (TENV) enclosure and dedicated B14 face mount. Rated S1 for continuous duty, and zinc plated steel frame construction.



### 12, 24V & 90 VOLT • TENV B14 FACE MOUNT

HP	Full Load RPM	IEC Frame #	Catalog Number	List Price	App. Wgt. (lbs.)	Arm. Volt. DC	F.L. Amps DC
1/20	3000	56	990.150	\$148	2.3	12	6.4
	3000	56	990.143	149	2.3	24	3.2
	3000	56	990.540	141	2.3	90	.75
1/14	3000	56	970.600	169	3.0	12	12.0
	3000	56	970.601	169	3.0	24	5.3
	3000	56	970.576	163	3.0	90	1.2
1/10	3000	56	970.620	183	3.5	12	13.1
	3000	56	970.621	183	3.5	24	6.8
	3000	56	970.577	174	3.5	90	1.8

† Use "†" Character Symbol

For dimensions, see drawings on page 217.

## LOW VOLTAGE ADJUSTABLE SPEED CONTROLLERS

LEESON's DC to DC controllers are a chassis type design, that accept a DC input voltage and output a DC power voltage to control the motor speed. The speed may be varied with the potentiometer that is shipped loose with the control or an external voltage signal.

Higher design efficiency results in longer running time between battery charges than is possible with traditional methods of speed control using resistance in series with the battery.

**Typical Operating Features:** Provides smooth 40 to 1 speed range capability for mobile equipment. Maintains variable speed control as batteries discharge. Adjustable min/max speed, IR compensation, and 200% current limit overload protection. Inhibit pin terminals provide customer optional start-stop without breaking battery lines. Green LED power on indicator is provided.

Catalog number 175290 does not require a heat sink, and measures 6.9L x 4.44W x 2.19D. Catalog numbers 175291 & 175292 do require heat sink, which is included and measures 7.78L x 6.9W x 3.25D.



DC Motors

Input Voltage	Max. Amp Rating	Catalog Number	List Price	App. Wgt.(lbs.)	Disc. Sym.
12/24	16	175290	\$424	2	A
12/24	60	175291	\$17	4	A
36/48	60	175292	\$17	4	A

## LOW VOLTAGE ADJUSTABLE SPEED CONTROLS FOUR QUADRANT CONTROL

**General Specifications:** This series of drives is a chassis type design that accepts DC input to output up to 100% of the input voltage.

The 12/24 volt drive is rated at 120 amps continuous and the 36/48 volt drive is rated at 100 amps continuous. The speed is adjustable with a speed potentiometer that is shipped loose with the controls. This control also offers extended battery life through a sleep mode feature and has an inhibit circuit for convenient remote starting and stopping.

**Additional Features Include:** Simple reversing and braking using a switch closure to the drive. Controls have a built-in short circuit to protect itself from a shorted motor. They offer a 1.01 Form Factor, which offers clean DC output for quiet motor operation and efficiency. They also have a temperature sensor, which automatically reduces the current limit if the controller heats up. On Board trim pots for calibration, speed and forward and reverse settings.

Units include heat sink and measure 6.9L x 5.0W (including terminals) x 2.5D and have mounting slots.



Input Voltage	Max. Amp Rating	Catalog Number	List Price	App. Wgt.(lbs.)	Disc. Sym.
12/24	120	174298	\$917	3	A
36/48	100	174299	\$917	3	A

ANEXO B  
(Motor DC de 2HP<sup>78</sup>)

**PERMANENT MAGNET  
DC MOTORS**  
NEMA 56C FRAME, 1/4 TO 2 HP



OMPM-DC  
Series  
Starts at  
**\$158**



OMPMD13-18-180V-56C, \$158,  
shown smaller than actual size.

- NEMA 56C Frame Size
- 1/4 to 2 HP, 1800 RPM
- 12, 24, 90 and 180 Control Voltage
- 20:1 Speed Range at Constant Torque
- High Starting Torque
- Permanently Lubricated Sealed Ball Bearings
- Removable Bolt-On/Bolt-Off Base
- TENV Enclosure (1/4-1/2 HP)
- TEFC Enclosure (3/4-2 HP)
- Class F Insulation
- 1.15 Service Factor
- Extra Set of Brushes and Brush Springs Included

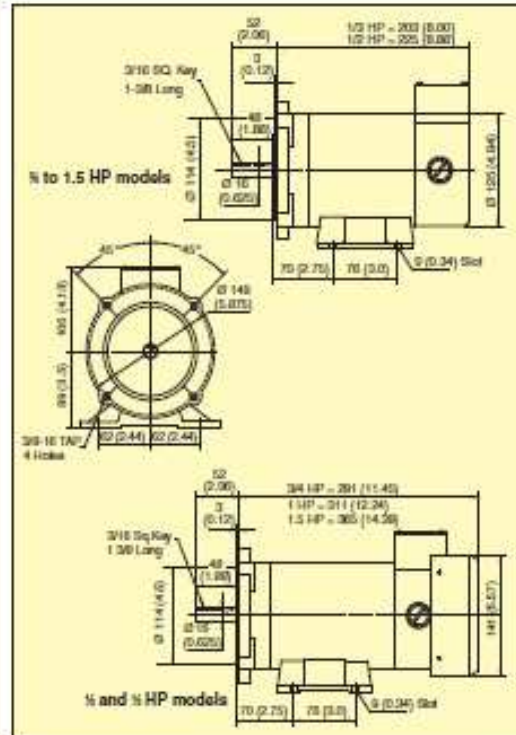
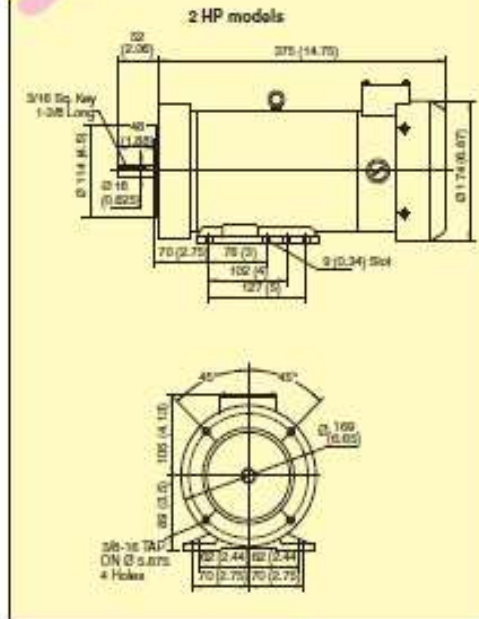
OMPMD-DC Series permanent magnet DC motors are designed for long motor life with permanently lubricated ball bearings and are TEFC (totally enclosed fan cooled) or TENV (totally enclosed non-ventilated). All OPMDC motors are constructed from heavy duty gauge steel including frames, endbells, mounting bases, junction boxes and covers. These DC motors are specifically designed for use with SCR controllers where applications require torque throughout the application and speed range, as well as adjustable speeds. The DC motor voltages available are 12, 24, 90 and 180 volt. All DC motors are NEMA 56C flange mounted and come with a removable base and a one year warranty.

D-x

<sup>78</sup> [Consultado: 24 de abril de 2012]. En línea. <<http://www.omega.com/Auto/pdf/OMPMD-DC.pdf>>



Dimensions: mm (in)  
 ø = diameter



**To Order** (Specify Model Number)

**MOST POPULAR MODELS HIGHLIGHTED**

MODEL NO.	PRICE	VOLTAGE	H.P.	RPM	ARM AMPS*	ENCLOSURE	WEIGHT	TORQUE** (FT LB-5)
OMPMDC13-18-90V-56C	\$158	90	1/2	1800	3.5	TENV	23	0.9726
OMPMDC13-18-180V-56C	158	180	1/2	1800	1.75	TENV	23	0.9726
OMPMDC12-18-90V-56C	200	90	3/4	1800	5.2	TENV	25	1.4589
OMPMDC12-18-180V-56C	200	180	3/4	1800	2.6	TENV	25	1.4589
OMPMDC34-18-90V-56C	230	90	1	1800	7.8	TEFC	30	2.1883
OMPMDC34-18-180V-56C	230	180	1	1800	3.9	TEFC	30	2.1883
OMPMDC1-18-90V-56C	255	90	1	1800	10.4	TEFC	33	2.9179
OMPMDC1-18-180V-56C	255	180	1	1800	5.2	TEFC	33	2.9179
OMPMDC1.5-18-90V-56C	275	90	1.5	1800	15.4	TEFC	54	4.3767
OMPMDC1.5-18-180V-56C	275	180	1.5	1800	7.7	TEFC	54	4.3767
OMPMDC2-18-180V-56C	435	180	2	1800	9.8	TEFC	72	5.8366
OMPMDC13-18-12V-56C	225	12	1/2	1800	26.4	TENV	23	0.9726
OMPMDC13-18-24V-56C	225	24	1/2	1800	13.2	TENV	23	0.9726
OMPMDC12-18-12V-56C	260	12	3/4	1800	40	TENV	25	1.4589
OMPMDC12-18-24V-56C	260	24	3/4	1800	20	TENV	25	1.4589
OMPMDC34-18-12V-56C	300	12	1	1800	61.2	TEFC	30	2.1883
OMPMDC34-18-24V-56C	300	24	1	1800	30.6	TEFC	30	2.1883
OMPMDC1-18-12V-56C	330	12	1	1800	82.2	TEFC	33	2.9179
OMPMDC1-18-24V-56C	330	24	1	1800	41.1	TEFC	33	2.9179
OMPMDC1.5-18-24V-56C	360	24	1.5	1800	62.5	TEFC	54	4.3767

\* Armature Full Load Amps

\*\* Torque rated at 1800 RPM (Torque = HP \* 5252 / RPM)

Ordering Examples: OMPMDC1.5-18-90V-56C, 90 Volt, 1.5 HP, 1800 RPM DC motor with maximum of 15.4 Arm Amps, NEMA 56C frame and mounting base, \$275

OMPMDC1.5-18-180V-56C, 180 Volt 1.5 HP 1800 RPM DC motor with maximum of 7.7 Arm Amps, NEMA 56C frame and mounting base, \$275

D-x

**ANEXO C**  
(Formato de encuesta)

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO ELECTROMECÁNICO QUE APROVECHE EL MOVIMIENTO DE EXTREMIDADES INFERIORES PARA RECARGAR CELULARES**



DATOS PERSONALES			
NOMBRE:			IDENTIFICACIÓN:
EDAD:	PESO (Kg):	TALLA (cm):	TMB (cal):
FUERZA (N):			

INFORMACIÓN BÁSICA DEPORTIVA				
1. ¿Con que frecuencia hace ejercicio en la semana?	Todos los días	5 días	1 día	No
2. ¿Qué tipo de deporte practica?				
3. ¿Con que frecuencia lo practica?	Todos los días	5 días	1 día	No
4. ¿Posee bicicleta?	5. ¿Qué tipo de bicicleta posee?			
6. ¿Con que frecuencia monta bicicleta?	Todos los días	5 días	1 día	No

PRUEBA FÍSICA I*										
t	N	T	Wm	Vm	Em	Pm	Wg	Vg	Eg	Pg
0,5										
1,0										
1,5										
2,0										
2,5										
3,0										

PRUEBA FÍSICA II**						
n	N	t	Wm	Pm	Wg	Pg
1						
2						
3						
4						
5						

t: Tiempo en minutos  
 N: Número de veces que gira la biela  
 T: Torque ( Par de movimiento )  
 W: Velocidad angular  
 V: Velocidad tangencial ( Desplazamiento )  
 E: Energía en calorías  
 P: Potencia disipada  
 n: Vueltas a la pista

FICHA TÉCNICA***	
Fecha:	Responsable:
Hora:	Firma:

\*\*\* Al firmar éste documento, nos autoriza evaluar su potencial deportivo; a demás se hace responsable de su salud mientras realiza la prueba, debido a su capacidad y no exigencia nuestra para obtener un resultado en particular.

\* Prueba estática con bicicleta, se toma muestra de la cantidad de energía que produce la actividad con el mínimo valor de pérdidas.

\*\* Prueba en movimiento con bicicleta y recorrido conocido, se toma muestra de la energía generada con los valores reales de fricción

De acuerdo a la información recopilada sobre salud deportiva, se formuló la encuesta desarrollada en el capítulo 3. De esta manera y con la ayuda del entrenador Efraín Domínguez Rueda, se elaboraron las pruebas para garantizar la salud del deportista y los resultados esperados en dicha encuesta. La recopilación de los resultados para el filtro último de esta forma, fue elaborada por medio de una encuesta realizada en Google Inc., a través del siguiente link: <https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dHo5dU5ISUxPRjUtbHkXVTLUJSdVE6MQ> donde se realizó la parte inicial de la forma (Información básica deportiva). De acuerdo a los resultados se procedió a evaluar la siguiente parte con las personas seleccionadas, quienes aceptaron participar en ella.

**ANEXO D**  
(Formato de encuesta en línea<sup>79</sup>)



**Generación limpia de energía eléctrica - IUE**

DISEÑO DE UN PROTOTIPO ELECTROMECÁNICO QUE APROVECHE EL MOVIMIENTO DE EXTREMIDADES INFERIORES PARA RECARGAR CELULARES

LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA SOLO SERÁ PARA FINES ACADÉMICOS

RESPONSABLES, ESTUDIANTES DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA IUE  
Anderson Benjumea Londoño  
Luis Felipe Bustamante Narváez  
Andrés Jair Giraldo Rueda  
\* Required

**NOMBRE COMPLETO \***

**IDENTIFICACIÓN \***  
Cédula de Ciudadanía

**EDAD \***

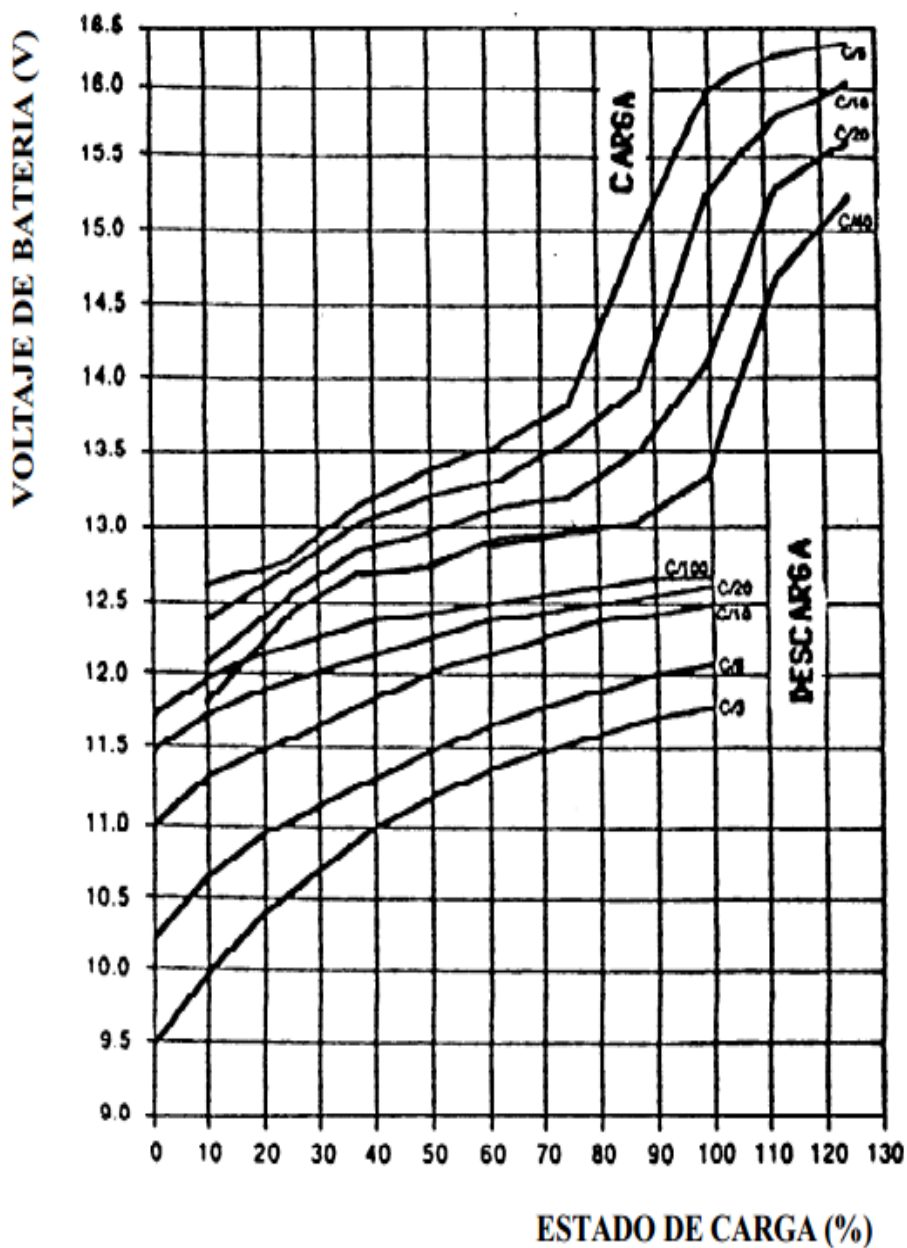
<sup>79</sup>En línea. <https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dHo5dU5ISUxPRjUtbHktSXVTLUJSdVE6MQ>

## ANEXO E

(Variación en el voltaje de una batería de Pb-Ácido de 12V<sup>80</sup>)

### VARIACION EN EL VOLTAJE DE UNA BATERIA DE Pb-ACIDO DE 12V

Temperatura del Electrolito: 25°C



<sup>80</sup>La Batería de Plomo. Capítulo 5. [Consultado: 27 de abril de 2012]. En línea. <<http://www.enalmex.com/docpdf/libro/ch05.pdf.pdf>>



## ANEXO F

(Recomendaciones para el cuidado de una batería de plomo ácido<sup>81</sup>)

### CUIDADOS DE LA BATERIA

#### Cómo cuidar una batería

- **NIVEL DE AGUA.** Es necesario verificar a menudo el nivel del agua y que el mantenimiento sea periódico, como mínimo una vez al año.
- **CORRIENTE ELÉCTRICA.** Siempre que se vaya a instalar un accesorio electrónico en el coche conviene consultar con un técnico si la potencia de la batería será suficiente, porque es posible que interese sustituirla por el aumento de demanda de corriente eléctrica.
- **SISTEMA DE CARGA.** Revisar el sistema de carga del coche, el alterador y regulador de voltaje, para evitar sobrecargas y descargas.
- **CON LLUVIA.** La lluvia obliga a limpiar a menudo el acumulador para evitar que se ensucien los conectores y se pierda el contacto, lo que impide que se recargue la batería. Además, con la suciedad se corre el peligro de que penetre alguna impureza en el electrolito y la batería dure menos. Por eso es importante que los tapones estén bien puestos.
- **CON FRÍO Y NIEVE.** Es bastante común que en las mañanas frías, después de haber helado, el coche no arranque o tarde más en arrancar. En estos casos, y siempre que se sospeche que es debido a la batería, se recomienda no manipular la batería y acudir a un taller o un centro especializado.
- **CON EL CALOR.** El calor desgasta los materiales de la batería, de manera que se debe comprobar con mayor cuidado en cualquier otra época del año el nivel del agua y el limpiado de los postes.

39

DICIEMBRE 2005 ~ consumerEROSKI

<sup>81</sup> CONSUMER EROSKI. Edición N°94. Diciembre de 2005. Art. Baterías de coche. [Consultado: 28 de abril de 2012]. Pág. 39. En línea. <[http://revista.consumer.es/web/es/20051201/pdf/revista\\_entera.pdf](http://revista.consumer.es/web/es/20051201/pdf/revista_entera.pdf)>

**ANEXO G**  
(Hoja de datos Diodo 1N5400<sup>82</sup>)

1N5400-1N5408



## 1N5400 - 1N5408

### Features

- 3.0 ampere operation at  $T_A = 75^\circ\text{C}$  with no thermal runaway.
- High current capability.
- Low leakage.



**DO-201AD**  
COLOR BAND DENOTES CATHODE

### General Purpose Rectifiers

#### Absolute Maximum Ratings\* $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value										Units
		5400	5401	5402	5403	5404	5405	5406	5407	5408		
$V_{RRM}$	Maximum Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	300	400	500	600	800	1000		V
$I_{RF(AV)}$	Average Rectified Forward Current, .375" lead length @ $T_A = 75^\circ\text{C}$	3.0										A
$I_{FSM}$	Non-repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave	200										A
$T_{stg}$	Storage Temperature Range	-55 to +150										$^\circ\text{C}$
$T_J$	Operating Junction Temperature	-55 to +150										$^\circ\text{C}$

\*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

### Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
$P_D$	Power Dissipation	6.25	W
$R_{JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	20	$^\circ\text{C/W}$

### Electrical Characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Device										Units
		5400	5401	5402	5403	5404	5405	5406	5407	5408		
$V_F$	Forward Voltage @ 3.0 A	1.2										V
$I_R$	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle $T_A = 105^\circ\text{C}$	0.5										mA
$I_{R1}$	Reverse Current @ rated $V_R$ $T_A = 25^\circ\text{C}$	5.0										$\mu\text{A}$
	$T_A = 100^\circ\text{C}$	500										$\mu\text{A}$
$C_T$	Total Capacitance $V_D = 4.0 \text{ V}, f = 1.0 \text{ MHz}$	30										pF

<sup>82</sup> [Consultado: 28 de abril de 2012]. En línea. <<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/1N5400.pdf>>

## ANEXO H

(Hoja de datos Diodo 6A05-6A10<sup>83</sup>)



### 6A05 - 6A10

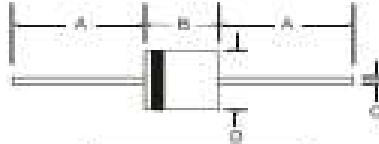
6.0A SILICON RECTIFIER

#### Features

- + High Surge Current Capability
- + Low Leakage and Forward Voltage Drop
- + Lead Free Finish, RoHS Compliant (Note 1)

#### Mechanical Data

- + Case: R-8
- + Case Material: Moulded Plastic, UL Flammability Classification Rating 94V-0
- + Moisture Sensitivity: Level 1 per J-STD-030C
- + Terminal: Finish — Tin, Axial Leads, Solderable per MIL-STD-202, Method 208 (g)
- + Polarity: Color Band Indicates Cathode
- + Ordering Information: See Page 3
- + Approximate Weight: 0.1 grams



R-8		
Dim	Min	Max
A	25.40	-
B	0.60	0.10
C	1.30	1.30
D	0.60	0.10

All Dimensions in mm

#### Maximum Ratings and Electrical Characteristics @Ta = 25°C unless otherwise specified

Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.  
Single phase, fullwave, 60Hz, resistive or inductive load.


Characteristic	Symbol	6A05	6A10	6A20	6A40	6A60	6A80	6A100	Unit
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	$V_{RRM}$	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	$V_{RMS}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking Voltage	$V_{DC}$	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current 0.5mm lead length (@ Ta = 75°C (See Fig. 1))	$I_{AVG}$	5.0							A
Peak Forward Surge Current (0.1 ms single half sine-wave superimposed on rated load)	$I_{FSM}$	400							A
Maximum Instantaneous Forward Voltage at 0.5A DC	$V_{FM}$	0.90							V
Maximum DC Reverse Current (@ Ta = 25°C)	$I_{RS}$	10							µA
at Rated Blocking Voltage (@ Ta = 100°C)		100							
Operating and Storage Temperature Range	$T_j, T_{STG}$	-65 to +175							°C

Notes: 1. RoHS revision 10.0.2009. Glass and high temperature color exemptions applied, see EU Directive Annex Notes 5 and 7.

<sup>83</sup> [Consultado: 28 de abril de 2012]. En línea. <<http://www.diodes.com/datasheets/ds28009.pdf>>


# ANEXO I

(Transistor tipo NPN TIP120/TIP121/TIP122<sup>84</sup>)




**FAIRCHILD**  
SEMICONDUCTOR

October 2008



## TIP120/TIP121/TIP122 NPN Epitaxial Darlington Transistor

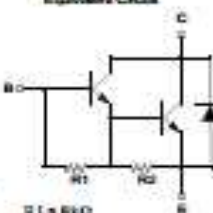
- Medium Power Linear Switching Applications
- Complementary to TIP125/TIP126/TIP127



TO-18

1.Base 2.Collector 3.Emitter

Equivalent Circuit



R1 = 8kΩ  
R2 = 0.12kΩ

---

### Absolute Maximum Ratings\* T<sub>v</sub> = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Rating	Units
V <sub>CB0</sub>	Collector-Base Voltage : TIP120	60	V
	: TIP121	80	V
	: TIP122	100	V
V <sub>CE0</sub>	Collector-Emitter Voltage : TIP120	60	V
	: TIP121	80	V
	: TIP122	100	V
V <sub>EB0</sub>	Emitter-Base Voltage	5	V
I <sub>C</sub>	Collector Current (DC)	5	A
I <sub>CP</sub>	Collector Current (Pulse)	8	A
I <sub>B</sub>	Base Current (DC)	130	mA
P <sub>C</sub>	Collector Dissipation (T <sub>v</sub> =25°C)	2	W
	Collector Dissipation (T <sub>v</sub> =25°C)	65	W
T <sub>J</sub>	Junction Temperature	150	°C
T <sub>STG</sub>	Storage Temperature	-65 ~ 150	°C

\* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

TIP120/TIP121/TIP122 — NPN Epitaxial Darlington Transistor

<sup>84</sup> [Consultado: 29 de abril de 2012]. En línea. <<http://www.fairchildsemi.com/ds/TI/TIP120.pdf>>

## ANEXO J (Amplificador operacional LM311<sup>85</sup>)



www.fairchildsemi.com

# LM311 Single Comparator

### Features

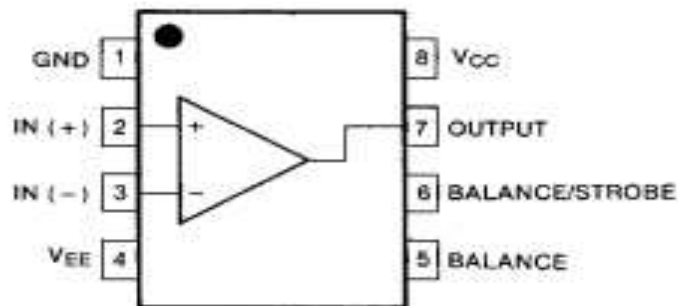
- Low input bias current : 250nA (Max)
- Low input offset current : 50nA (Max)
- Differential Input Voltage :  $\pm 30V$
- Power supply voltage : single 5.0V supply to  $\pm 15V$ .
- Offset voltage null capability.
- Strobe capability.

### Description

The LM311 series is a monolithic, low input current voltage comparator. The device is also designed to operate from dual or single supply voltage.



### Internal Block Diagram



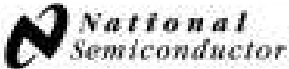
Rev. 1.0.1

©2001 Fairchild Semiconductor Corporation

<sup>85</sup>[Consultado: 29 de abril de 2012]. En línea. <<http://www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM311.pdf>>

## ANEXO K

(Amplificador operacional dual de bajo poder<sup>86</sup>)


October 2005

### LM158/LM258/LM358/LM2904

## Low Power Dual Operational Amplifiers

#### General Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional  $\pm 15V$  power supplies.

The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump micro SMD) using National's micro SMD package technology.

#### Advantages

- Two internally compensated op amps
- Eliminates need for dual supplies
- Allows direct sensing near GND and  $V_{OUT}$  also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

#### Unique Characteristics

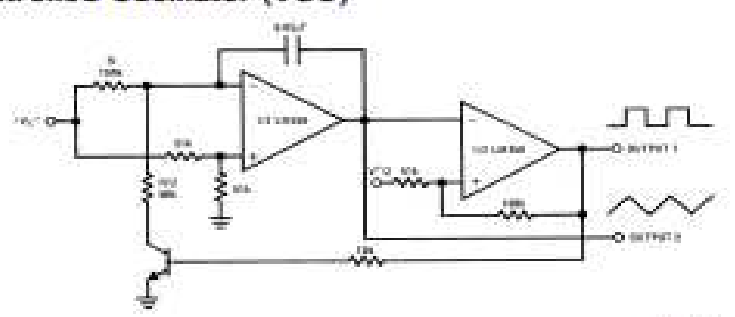
- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.
- The unity gain cross frequency is temperature compensated.
- The input bias current is also temperature compensated.

#### Features

- Available in 8-Bump micro SMD chip sized package, (See AN-1112)
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large dc voltage gain:  $>100$  dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
  - Single supply: 3V to 32V
  - or dual supplies:  $\pm 1.5V$  to  $\pm 16V$
- Very low supply current drain (500  $\mu A$ )—essentially independent of supply voltage
- Low input offset voltage: 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing

---

### Voltage Controlled Oscillator (VCO)



LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers

© 2005 National Semiconductor Corporation DS007787
www.national.com

<sup>86</sup> [Consultado: 30 de abril de 2012]. En línea.  
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS007787.PDF>